MÉMOIRES
DU
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

NOUVELLE SÉRIE

Série C, Sciences de la terre

TOME XXVII

Yves REYRE

« PALYNOLOGIE DU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN »

Traitement des donnés par l'Informatique et applications à la Stratigraphie et à la Sédimentologie.

PARIS
ÉDITIONS DU MUSÉUM
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire (Ve)

1973

BIBL. DU MUS. L-H

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

2 564 039 6

1 Source : MNHN, Paris

EXPLICATION DE LA PLANCHE CI-CONTRE.

Au fond du paysage, en bleu-foncé, la Mésogée, domaine océanique franc avec, au Sud, des zones moins profondes à sédimentation carbonatée (tâches bleu-vert) et, au Sud-Est, une île émergée à l'endroit du Tebaga de Médenine : c'est le domaine marin permanent.

L'auréole médiane bleu-clair plus rapprochée correspond à une zone peu profonde, de salure variable, tantôt adoucie par le flux des eaux continentales, tantôt relevée par le flux marin, la salinité pouvant devenir localement très forte (confinement avec dépôts gypseux) : c'est le domaine laguno-intermédiaire. La partie Est de ce domaine est de plus soumise à une influence deltaïque nettement marquée (courants prolongeant les fleuves).

L'auréole vert-clair bordant directement la terre ferme correspond à une vaste étendue d'eau douce très peu profonde prenant vers l'Est et le Sud-Est l'aspect de marécages de comblement deltaïque : c'est le domaine laguno-continental.

En brun-rouge enfin, au premier plan, c'est le domaine continental « sub-aérien », aride dans la partie Ouest, boisé dans les parties centrale et orientale. Les accumulations nuageuses blanches symbolisent un climat humide à l'Est, sec à tornades épisodiques à l'Ouest.

Les six écrans d'observation ponctuelle rapprochée montrent de gauche à droite (à regarder à l'aide d'une loupe grossissant six fois pour obtenir les grandissements indiqués) :

n° 1 — une surface de sédimentation gréseuse « sub-aérienne » : transport et comblement par le jeu de tornades et de cours d'eau épisodiques et mouvants.

n° 2 — la charge palynologique des eaux des bauts-fonds marins à sédimentation carbonatée : matière organique amorphe, microspicules d'éponges, microforaminifères chitineux, débris organiques benthiques, petits pollens.

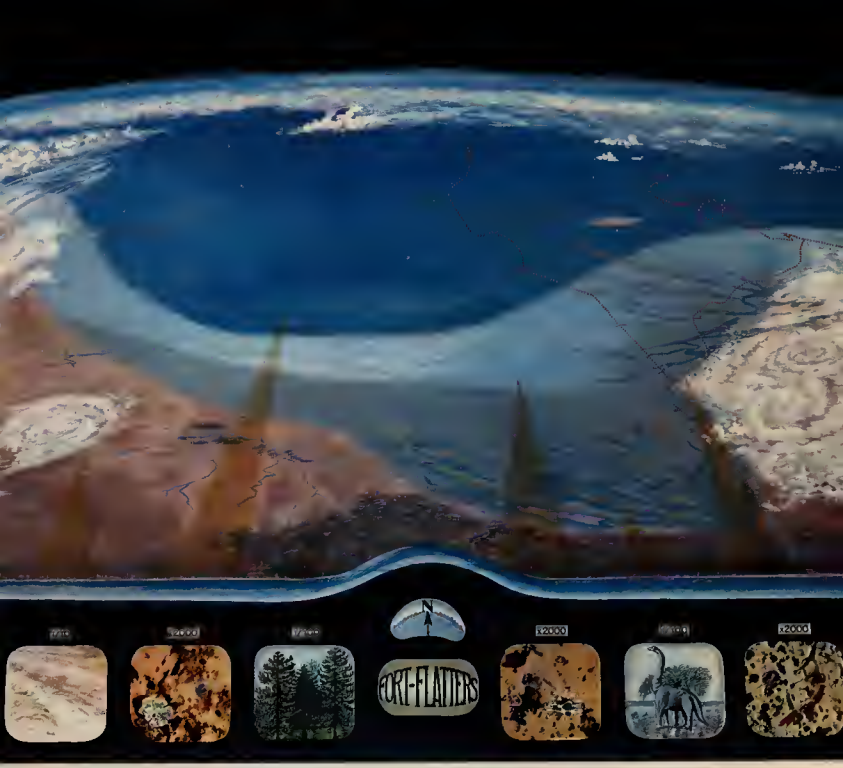
n° 3 — une forêt de conifères à dominance d'*Araucariacées* et *Taxacées* ainsi que de conifères fournisseurs de *Classopollis*.

n° 4 — la charge palynologique des eaux du domaine laguno-intermédiaire : Dinoflagéllés, petites spores, petits pollens, débris organiques carbonisés, quartz pélitique.

n° 5 — un marécage deltaïque à fougères arborescentes, petites fougères et Dinosauriens (*Brachiosaurus nougaredi* De Lapparent de la dépression du Djoua).

n° 6 — la charge palynologique des eaux continentales deltaïques : spores lourdes, grands pollens, débris de vaisseaux ligneux, cuticules végétales.

Source : MNHN, Paris



Dessin P. Gaultier *Cliché M. Destarac*

Le Sahara algéro-tunisien pendant l' « Oxfordien s. l. ».
Reconstitution du paysage géographique d'après les données palyno-sédimentologiques
(échelle : 1/5.000.000e environ).

Ce dessin inspiré des photographies de la terre à partir de satellites artificiels est une tentative de reconstitution de la vue qui aurait pu être prise au cours du « Callovo-Oxfordo-Kimméridgien » à la verticale de l'actuelle ville de Fort-Flatters, en direction du Nord. Les traces des frontières algérienne, tunisienne et lybienne situent la partie du globe dont il s'agit. L'aspect général et les couleurs des divers domaines marins ou terrestres sont limités de ceux des domaines actuels comparables tels qu'ils apparaissent sur les photographies de la N.A.S.A. On a de plus imaginé, avec les 6 rectangles du bas de la planche, qu'un appareillage perfectionné aurait permis d'observer depuis la cabine du satellite, à des grandissements variables, soit la surface du continent survolé, soit la charge palynologique des masses aqueuses qui l'entourent (voir explication détaillée page précédente et chapitre v).

BIBL. DU MUSEUM D'HIST. NATUR.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Série C, Sciences de la terre Tome XXVII

« PALYNOLOGIE DU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN »

Traitement des donnés par l'Infarmatique et applications à lo Stratigrophie et à la Sédimentologie.

par

Yves REYRE

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 8
INTRODUCTION 11

Chapitre I. — LE CADRE GÉOLOGIQUE ET LES OBJECTIFS DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE 14

I. — Généralités 14
A. Situation et références 14
B. Fondements stratigraphiques 15
C. Codification de la stratigraphie 15
D. Les provinces sahariennes étudiées 16
E. Tableaux récapitulatifs 17

II. — Le Trias 18
A. Généralités 18
B. Le Trias gréseux 20
C. Le Salifère principal 25

III. — Le lias - Dogger inférieur 28
A. Considérations préliminaires sur le Jurassique saharien 28
B. Limites 28
C. Codification de la stratigraphie 29
D. Description lithologique 31
E. Conclusions 33

IV. — Le « Bathonien » 34
A. Limites et codification 34
B. Lithologie 34
C. Conclusions 37

Source : MNHN, Paris

V. — Le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien 37
A. Limites et codification 37
B. Lithologie 38
C. Conclusions 41

VI. — Le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur 42
A. Limites et codification 42
B. Le Jurassique supérieur - Néocomien 42
C. Le « Barrémien » 44
D. Le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur non différentiables. 46

VII. — L'Aptien 47
A. Limites et codification 47
BLithologie 47

VIII. — L'Albien et l'Albo-Vraconien 49
A. Limites et codification 49
B. L'Albien et l'Albo-Vraconien différentiables 50
C. L'Albien non différentiable 51
D. Conclusions 51

IX. — Le Cénomanien 52
A. Limites et codification 52
B. Lithologie 52
C. Conclusions 53

X. — Le Turonien 54
A. Limites et codification 54
B. Lithologie 54
C. Conclusions 55
XI. — Conclusion générale : objectifs de l'analyse palynologique dans l'étude du Mésozoïque sabarien 55

Chapitre II. — LA SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE EN GÉNÉRAL. NATURE, MODALITÉS, EXPLOITATION EN GÉOLOGIE 58

I. — Nature et histoire de la matière organique des roches sédimentaires 59
A. Nature biologique et composition chimique 59
B. Intérêt sédimentologique et industriel 61

II. — Production, dispersion et sédimentation des spores et du pollen dans la nature actuelle 62
A. Production des spores et du pollen 62
B. Transport et fossilisation des spores 63
C. La dispersion naturelle du pollen. Importance et caractéristiques des apports aériens 63
D. Importance et caractéristiques des apports fluviatiles 64
E. La sédimentation pollinique en milieu marin 65
F. Conclusion 65

Source : MNHN, Paris

III. — Le contenu palynologique de sédiments actuels ou anciens comparables par leur faciès à ceux des plates-formes de sédimentation péricontinentales 66
A. Caractéristiques palynologiques de la sédimentation détritique continentale actuelle ou ancienne au Darlour (Soudan).... 66
B. La répartition des spores et pollens et du microplancton de nature organique dans les dépôts deltaïques lagunaires du Wealdien anglais..... 71
C. Les sédiments évaporitiques plio-pleistocènes de la Mer Morte.... 72
D. Les hauts-fonds récifaux des Bahamas..... 73
E. Les séries détritiques marines du Sénonien du Sénégal..... 74
F. Conclusions..... 74

IV. — Signification paléogéographique du contenu palynologique..... 75
A. Le « faciès » du contenu palynologique..... 76
B. Intérêt du quantitatif en vue des reconstitutions paléogéographiques régionales..... 77

V. — Conclusion générale..... 79

Chapitre III. — EXTRACTION DU CONTENU PALYNOLOGIQUE. OBSERVATIONS, MESURES, ENREGISTREMENT DES DONNÉES..... 81

I. — Extraction du contenu palynologique..... 81
A. Généralités..... 81
B. Remarques sur quelques procédés de traitement habituels..... 82
C. Technique standard employée..... 83

II. — Observation au microscope électronique à balayage..... 87

III. — Nature et enregistrement des informations..... 89

Chapitre IV. — LES SPORES ET LES POLLENS DU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN. ÉTUDE SYSTÉMATIQUE ET RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE..... 96

I. — Introduction..... 96
A. Classification adoptée..... 96
B. Valeur de l'espèce palynologique..... 97
C. Les espèces du Mésozoïque saharien..... 98

II. — Les spores trilètes lisses..... 101
A. Les genres..... 101
B. Les formes et les espèces..... 103
C. Les spores trilètes lisses rares..... 111

III. — Les spores trilètes lisses à périspore..... 112
A. Les genres..... 112
B. Les formes et les espèces..... 113

IV. — Les spores trilètes lisses à cingulum..... 117
A. Les genres..... 117
B. Les formes et les espèces..... 117

Source : MNHN, Paris

XXII. — Les pollens tricolpés 185

XXIII. — Les pollens polyplicaturés (Polyplicates) 185
A. Les genres 185
B. Les formes et les espèces 186

XXIV. — Les pollens d'appartenance systématique non définie 189

XXV. — Les pollens du genre *Classopollis* 190

Chapitre V. — LES RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES, PALÉOBOTANIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES RELATIFS AU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN 191

I. — Résultats stratigraphiques 191
A. Les zones palynologiques qualitatives 191
B. Comparaison avec les échelles européennes et conséquences stratigraphiques 195
C. Datation et corrélation quantitatives 202

II. — Résultats paléobotaniques 209
A. Considérations générales 209
B. Évolution de la végétation saharienne au cours du Secondaire 212

III. — Résultats paléogéographiques 214
A. Recherche pragmatique des données palynologiques utilisables .. 215
B. Milieux de dépôt et reconstitutions paléogéographiques dans le Mésozoïque saharien 226
C. Conclusion 231

Chapitre VI. — LES MÉCANISMES DE LA SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE 233
A. Nature des données et méthode de recherche 233
B. Hypothèses sédimentologiques formulées d'après les corrélations statistiques entre les seuls éléments palynologiques 236
C. Hypothèses formulées d'après les corrélations statistiques entre éléments palynologiques et constituants pétrographiques .. 243
D. Conclusion 246

CONCLUSION GÉNÉRALE : VALEUR DES RÉSULTATS ET DES MÉTHODES 250
A. Stratigraphie 253
B. Systématique et paléobotanique 254
C. Paléogéographie et sédimentation palynologique 253

INDICATIONS GÉNÉRALES SUR LES PROGRAMMES DE TRAITEMENT EN ORDINATEUR. 256
INDEX ALPHABÉTIQUES DES GENRES ET DES ESPÈCES PALYNOLOGIQUES 263
INDEX DES SONDAGES 269
LISTE DES TRAVAUX CONSULTÉS 270
RÉSUMÉS EN LANGUES ÉTRANGÈRES 276

Source : MNHN, Paris

XXII. — Les pollens tricolpés 185

XXIII. — Les pollens polyplicaturés (Polyplicates) 185
A. Les genres 185
B. Les formes et les espèces 186

XXIV. — Les pollens d'appartenance systématique non définie 189

XXV. — Les pollens du genre *Classopollis* 190

Chapitre V. — LES RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES, PALÉOBOTANIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES RELATIFS AU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN 191

I. — Résultats stratigraphiques 191
A. Les zones palynologiques qualitatives 191
B. Comparaison avec les échelles européennes et conséquences stratigraphiques 195
C. Datation et corrélation quantitatives 202

II. — Résultats paléobotaniques 209
A. Considérations générales 209
B. Évolution de la végétation saharienne au cours du Secondaire 212

III. — Résultats paléogéographiques 214
A. Recherche pragmatique des données palynologiques utilisables .. 215
B. Milieux de dépôt et reconstitutions paléogéographiques dans le Mésozoïque saharien 226
C. Conclusion 231

Chapitre VI. — LES MÉCANISMES DE LA SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE 233
A. Nature des données et méthode de recherche 233
B. Hypothèses sédimentologiques formulées d'après les corrélations statistiques entre les seuls éléments palynologiques 236
C. Hypothèses formulées d'après les corrélations statistiques entre éléments palynologiques et constituants pétrographiques .. 243
D. Conclusion 246

CONCLUSION GÉNÉRALE : VALEUR DES RÉSULTATS ET DES MÉTHODES 250
A. Stratigraphie 253
B. Systématique et paléobotanique 254
C. Paléogéographie et sédimentation palynologique 253

INDICATIONS GÉNÉRALES SUR LES PROGRAMMES DE TRAITEMENT EN ORDINATEUR. 256
INDEX ALPHABÉTIQUES DES GENRES ET DES ESPÈCES PALYNOLOGIQUES 263
INDEX DES SONDAGES 269
LISTE DES TRAVAUX CONSULTÉS 270
RÉSUMÉS EN LANGUES ÉTRANGÈRES 276

Source : MNHN, Paris

AVANT-PROPOS

J'ignorais jusqu'à l'existence de la palynologie lorsque M. le Professeur R. Laffitte, mon maître, m'entretint de cette science alors naissante — du moins dans son application géologique — et de l'espoir qu'il mettait en elle pour retracer l'histoire du Sabara au cours des temps secondaires. A cette époque encore pleine de confiance et d'optimisme, les sondages pétroliers se succédaient à une cadence accélérée, traversant sans s'y attarder des morts terrains qui laissaient tout de même perplexes les rares géologues qui s'y intéressaient. En effet les providentiels fossiles classiques qui habituellement racontent et situent les événements révolus en paraissaient absents ou presque. L'espoir des stratigraphes se réfugiait donc dans la palynologie qui révélerait en outre, pensaient-ils, les fabuleuses végétations africaines de ces temps passés. Même énoncé en termes aussi prometteurs, ce sujet d'étude ne comblait pas mes souhaits de jeune géologue. Il y manquait la dynamique qui fait plisser les terrains et lever les montagnes. Mais il paraissait d'une indéniable utilité et pouvait se révéler d'une valeur scientifique fondamentale. Je l'acceptai donc, sans enthousiasme extrême cependant.

Pour aborder ce sujet il me fallait pourtant quelques rudiments de la science botanique. Ce fut M. le Professeur P. Quézel qui me les enseigna. Il me montra notamment l'importance d'une solide systématique dans les études de Sociologie végétale et je compris que des problèmes de même nature se poseraient à la Palynologie pour la connaissance du monde ancien. Ainsi ai-je entrepris une étude que mon optimisme avait prévu moins longue, mais qui, malgré les tâches fastidieuses qu'elle me réserva, finit par me donner pleine satisfaction.

Cette satisfaction, je la dois donc en tout premier lieu à M. le Professeur R. Laffitte à qui j'exprime ma reconnaissance, d'abord pour la confiance qu'il m'accorda, ensuite pour l'intérêt avec lequel il suivit mes résultats, mes trouvailles, mes difficultés, enfin pour l'aide matérielle et morale qu'il ne cessa jamais de m'apporter et l'on sait quelles embûches réserve parfois un monde scientifique moins généreux que ne le laisse croire la légende.

A ce propos, je remercie tout particulièrement M. le Professeur G. Lucas qui m'accueillit si aimablement au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne lorsque, chassé de mon pays, j'y fus nommé assistant. Là je pus profiter de ses inépuisables connaissances dans tous les domaines de la science naturelle.

Hélas, je ne disposais à Paris d'aucun équipement adapté à la recherche palynologique. Ce fut encore M. le Professeur P. Quézel auquel va ma très vive reconnaissance, qui m'offrit, dans son laboratoire de Marseille, en plus de ses judicieux conseils, l'indispensable infrastructure nécessaire au traitement d'échantillons en grandes séries. La préparation technique fut exécutée par moi-même. Très longue, elle m'occupa pendant la moitié des années consacrées à mon sujet d'étude ; aussi, n'est-ce pas sans amertume qu'il m'arrive de songer au préjudice que l'incompréhensible répartition de l'aide technique fait subir au petit chercheur universitaire obligé de concasser, tamiser, traiter, monter, photographier et développer avant de réfléchir !

Mais il me fallait aborder et épuiser mon sujet d'étude d'une manière rigoureuse et pratique. J'eus la chance de travailler aux côtés de M. G. Busson, qui, me précédant dans l'étude du Mésozoïque saharien par un travail plus classiquement géologique, me désigna d'une façon concrète et précise les

Source : MNHN, Paris

problèmes scientifiques auxquels je devais m'attacher et me guida dans le choix des options les plus aptes à les résoudre. Je lui exprime ici ma reconnaissance d'autant plus justifiée que, sans les conseils qu'il me prodiguat, la tournure de mon travail eût été bien différente.

La modestie des résultats obtenus durant les premières années de recherche à l'aide d'outils et de méthodes traditionnels me fit redécouvrir sur le tas une évidence que les babitudes sclérosantes font souvent oublier à savoir que, bien avant la bonne volonté du chercheur, ce sont les techniques nouvelles qui constituent le plus efficace stimulant de la recherche scientifique. A ce sujet, je me souviens avec quelle conviction M^lle^ D. Noël m'engagea à utiliser la microscopie électronique à balayage, technique que j'eus la chance d'appliquer à la palynologie dès son apparition en France et qui révéla immédiatement d'inestimables possibilités d'approfondissement de nos connaissances dans cette discipline. Je remercie M^lle^ D. Noël également pour son amabilité jamais en défaut à me faire bénéficier de son expérience sur la science difficile qu'est la Systématique. En cette matière d'ailleurs une part des positions adoptées dans ce mémoire tient un compte essentiel des conseils de M. le Professeur N. F. Hughes qui, dans son laboratoire de l'Université de Cambridge, me rappela la rigueur qu'il fallait attacher à la création du taxon paléontologique et à qui j'exprime ici une vive gratitude.

J'ai employé une autre technique nouvelle — ou presque — en Géologie, l'fnformatique. C'est mon frère qui m'engagea à résoudre par ce moyen moderne — et qui sera de plus en plus indispensable pour appréhender la plupart des problèmes généraux et fondamentaux de la géologie — les énormes difficultés que posait l'accumulation des informations recueillies pendant plusieurs années d'observation. C'est lui qui m'initia à cette technique si pratique pour la recherche des faits statistiques révélateurs de phénomènes qui échappent à la constatation directe. Je le remercie comme on le fait pour un frère, c'est-à-dire simplement.

fl va de soi que ce travail effectué sur des échantillons de sondages n'aurait pu être entrepris ni poursuivi sans l'aide matérielle des sociétés de recherche pétrolière qui m'ont aimablement fourni échantillons et logs de sondages. Je remercie la S.E.R.E.P.T. et particulièrement M. E. Dumon qui considéra avec bienveillance mes problèmes, la C.F.P. et notamment MM. Ph. Burollet, V. Sacal, A. Combaz et G. Kieser, la S.N.P.A. où MM. H. Radier et E. Penniguel me réservèrent un sympathique accueil, la Société Elf R.E. où M. R. G. Lévy donna toujours une suite favorable à mes demandes. Ces sociétés trouveront, je pense, dans ce mémoire (et le fichier qui lui est annexé) un document utilisable et pratique si elles sont un jour amenées à porter au Mésozoïque saharien un intérêt plus particulier.

Je voudrais maintenant exprimer une conviction personnelle, peut-être pas d'une évidente originalité d'ailleurs, sur la manière dont prend forme, au fil des années, un travail de thèse, du moins en Sciences Naturelles. Il ne s'exécute pas, il mûrit à la faveur de l'incontrôlable enrichissement qu'apportent les observations, les réflexions et les lectures, mais aussi les discussions, les échanges et les contacts, et je suis heureux de remercier, pour leur inconsciente participation à l'élaboration de ce travail, toutes les personnes qui m'ont accordé leur attention et apporté leur point de vue, leur opinion. Ce sont M. le Professeur A. Pons, M. B. de Jekhowsky, M^me^ Cerceau-Larrival, M^me^ Taugourdeau-Lantz, mes amis ou collègues J. J. Chateauneuf, A. Caratini, C. Pujol, P. Bourreil, Ph. de Perronet, C. Coulon.

Je remercie également les personnes qui m'ont aidé à l'exécution de ce mémoire, en particulier les techniciens du Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, M. Bossy, M^lle^ Destarac, M^mes^ Gaudissard et Day et l'irremplaçable dessinateur, P. Gaulier.

Avant d'inviter le lecteur à prendre connaissance d'un travail que j'espère cohérent, il me faut dire quelques mots de l'esprit qui fut celui de son élaboration et de sa mise en forme. Tout en prenant garde qu'une démarche trop mécanique ne tarisse sa curiosité scientifique, le naturaliste moderne doit s'astreindre à la recherche d'une normalisation réfléchie des informations ainsi qu'à leur collecte méthodique et systématique. Il s'agit en effet de transmettre aux générations suivantes, en plus de conclusions toujours empreintes d'une part de subjectivité, *une documentation de base réutilisable*, c'est-à-dire des résultats bruts d'observations et de mesures effectuées dans des conditions parfaitement définies et exprimées. Ce legs devient d'autant plus nécessaire qu'une partie de la science moderne, armée de l'informatique, est elle-même de plus en plus avide d'informations livrables à la recherche des faits statistiques souvent révélateurs de phénomènes fondamentaux échappant à la constatation

Source : MNHN, Paris

directe. J'ai donc choisi, pour transmettre de telles informations, le meuble moderne de rangement rationnel qu'est le *fichier mécanographique* ; celui-ci n'est cependant qu'un ensemble brut de résultats de base dont il est impérieux que la valeur puisse être soumise à la critique des futurs réutilisateurs. La délicate description des conditions naturelles ou techniques des observations et des mesures, l'indication précise des normes retenues, l'explication des codifications choisies m'ont paru difficiles à exprimer ailleurs que dans ce mémoire précisément consacré à l'exposé des résultats généraux obtenus par le traitement en ordinateur de ces mêmes informations.

Cette association imbriquée mémoire-fichier d'informations m'a semblé en effet le compromis souple qui permettait d'alléger l'exposé des faits généraux (mémoire) des innombrables observations ponctuelles de base tout en laissant au lecteur sceptique la possibilité d'en retrouver les références précises (fichier). Inversement cette association répond tout à fait au souci du chercheur conscient de la fragilité de ses interprétations et désireux pour cela de léguer, si modeste soit-il, un patrimoine scientifique impersonnel, c'est-à-dire quelques informations réutilisables parce que rangées et parfaitement définies.

Enfin, je voudrais préciser quelle satisfaction inattendue ce travail de thèse me réserva. Ce n'est pas sans hésitation, je l'ai dit, que voici huit années, j'avais accepté ce sujet que je voyais comme une besogne de spécialiste. Or, une fois celle-ci effectuée, je fus naturellement conduit à analyser les mécanismes de quelques phénomènes géologiques très généraux, recherche fondamentale à laquelle ne m'eussent pas mené nombre de sujets de géologie précisément dite générale, et qui, en fait, se réduisent bien souvent à une application localisée de procédés et de méthodes depuis longtemps classiques.

Source : MNHN, Paris

INTRODUCTION

Le titre de ce mémoire est assez bref, mais sa signification est à la fois vaste et précise. Le terme de Palynologie y est pris en effet dans son sens le plus large — et de moins en moins contesté d'ailleurs — d'étude de tous les éléments microscopiques de nature organique recueillis après les traitements physico-chimiques classiques (notamment l'attaque à l'acide fluorhydrique) mis en œuvre pour détruire la fraction minérale des sédiments.

J'appellerai donc *contenu palynologique* d'un sédiment l'ensemble des *microfossiles* tels que les spores, les pollens, les acritarches, les microforaminifères chitineux ou certaines algues unicellulaires, des *microdébris végétaux* (fragments de tissu ligneux ou de cuticules), des *débris d'organismes* benthiques ou planctoniques, de la *matière organique amorphe* — c'est-à-dire déstructurée — apparaissant en plages floconneuses caractéristiques sur les préparations palynologiques. Compte tenu de l'origine hétéroclite de tous ces constituants organiques, peut-on conserver, pour désigner leur étude globale, le terme de Palynologie sans encourir le reproche des puristes ? On sait que ce terme ne désignait à l'origine que la science purement botanique des spores et des pollens, se confondant ainsi avec la sporologie. Puisque la racine grecque « palyno » signifie « farine, poussière », il semble que, pris dans sa signification étymologique, ce terme de Palynologie soit tout à fait convenable pour désigner l'étude de tous les éléments microscopiques diffus au sein des roches sédimentaires : ceux-ci constituaient en effet avant leur fossilisation une sorte de poussière biologique aéroplanctonique ou aquatique. Dans cette large acception, la palynologie participe, par ses applications, aux principaux domaines de recherche de la géologie en général : paléontologie, stratigraphie, sédimentologie et paléogéographie.

Dans le présent mémoire tous ces domaines sont abordés et approfondis en ce qui concerne le Mésozoïque saharien. Notons d'abord qu'il ne fut possible d'entreprendre ces recherches que parce qu'on disposait, avec les cuttings des nombreux sondages profonds de l'industrie pétrolière, d'un échantillonnage continu et utilisable — on sait que les échantillons de surface des pays arides sont en général dépourvus de contenu organique — à travers les épaisses séries sahariennes. Or, une analyse palynologique globale et compréhensive s'imposait car la documentation palynologique alors publiée se réduisait à deux références bibliographiques : 1) un travail de H. Biard (1963) contenant une étude fragmentaire du Trias d'Afrique du Nord, révélant sa flore à Disaccites et y proposant cinq zones palynologiques sans datation, 2) une communication de P. Heybroek (1963) énumérant six zones palynologiques reconnues par la Compagnie des Pétroles d'Algérie dans l'ensemble du Mésozoïque [1].

Quels résultats pouvait-on espérer d'une meilleure connaissance palynologique du Secondaire saharien ?

Premièrement les affleurements marginaux du bassin montraient des séries de caractère continental — elles constituaient le terme principal du « Continental Intercalaire » (C. Kilian 1931) —

1. Plus récente (c'est-à-dire bien après le début de ce travail), une communication de L. Magloire et P. Biens (1967) fit état de la répartition stratigraphique de 21 formes palynologiques du Mésozoïque d'Algérie, considérées comme « principales ».

Source : MNHN, Paris

que l'abondance des macrofossiles végétaux conduisait à imaginer très riches en spores et pollens. Leur étude pouvait contribuer en premier lieu à la reconstitution des flores secondaires de cette région du Continent africain, ou au moins à leur évocation globale [1]. D'autre part si l'histoire géologique du Secondaire saharien est aujourd'hui — grâce aux sondages — à peu près connue, la stratigraphie qui y est établie et admise depuis une période récente n'était paléontologiquement fondée qu'en de rares points en raison de l'absence de faunes ou microfaunes caractéristiques. C'est donc une **assise paléontologique** que l'étude des pollens pouvait apporter à la stratigraphie saharienne.

Atteindre ces deux objectifs nécessitait avant tout une *analyse qualitative*. Il s'agissait, d'après l'observation des formes 1) d'individualiser et de recenser les espèces palynologiques, 2) de repérer leurs périodes d'apparition, d'expansion et de disparition, 3) de tenter enfin de proposer pour chacune d'elles une interprétation botanique.

L'*étude systématique* des formes palynologiques a donc constitué une grosse part de ce travail. Notons à ce sujet que si la microscopie photonique s'est avérée suffisante pour observer et classer les spores, la *microscopie électronique à balayage* est apparue absolument nécessaire à toute tentative de systématique sérieuse des pollens inaperturés, de loin les plus fréquents dans le Secondaire saharien, ceci en raison de l'extrême finesse de la sculpture de l'exine. Dans de précédentes publications j'avais déjà souligné l'importance taxinomique de cette micro-sculpture chez les Gymnospermes actuelles ou fossiles. Dans ce mémoire je définis trois genres nouveaux de ces pollens inaperturés, mais je me suis attaché à décrire et figurer les espèces nouvelles telles qu'elles apparaissent en lumière transmise et en microscopie électronique à balayage.

La présentation de la partie systématique mérite une explication : elle résulte d'un compromis entre la nécessité de classer les formes d'après leur morphologie (intérêt purement taxinomique) et celle de présenter un catalogue aisément utilisable pour une application stratigraphique. Ainsi, et malgré les inconvénients évidents (en particulier lorsqu'il s'agit de comparer plusieurs espèces d'un même genre), les formes sont rangées par groupes morphologiques voisins de ceux de la classification de R. Potonié (1956, 1958) puis décrites par ordre d'apparition dans les sondages. Cet ordre amène à signaler les disparitions réelles des espèces avant d'en avoir indiqué les apparitions mais il correspond au sens du forage ; or un problème pratique de l'industrie est de reconnaître la stratigraphie au cours des travaux. Un index alphabétique des espèces facilite toutefois la consultation de leurs descriptions et des tableaux de répartition stratigraphique indiquent l'apparition, le développement et la disparition de chacune.

Ce mémoire comporte ainsi un *catalogue* assez complet des spores et des pollens avec leur description, leur détermination systématique et l'indication de leur répartition tant qualitative (présence) que quantitative (fréquence). Ces données permettent d'une part de discerner en nombre et en importance les divers taxons végétaux qui se sont succédés depuis le Trias jusqu'au Crétacé supérieur, d'autre part de caractériser paléontologiquement chaque intervalle stratigraphique. Enfin, elles peuvent être utilisées pour évaluer l'âge d'un sédiment à l'aide des *échelles palynologiques* qui ont été déduites de l'étude de l'Extrême-Sud Tunisien, province dont la stratigraphie peut être considérée comme solidement établie.

Des points de vue *sédimentologique* et *paléogéographique* le bassin qu'a constitué la région saharienne étudiée au cours du Mésozoïque présentait un intérêt particulier en raison de la diversité des faciès et des milieux de dépôt. Son caractère de plate-forme située entre le Continent africain et la Mésogée apparaissait dans la succession progressive de faciès attribuables à des domaines allant du continental au marin mais un problème de détermination précise des milieux de dépôt et de délimita-

1. De très nombreux macrofossiles du « Continental Intercalaire » sont depuis longtemps étudiés (E. Bourceau, 1958). Ils ne donnent pourtant à mon avis qu'une idée très fragmentaire et souvent imprécise des végétations qui recouvraient cette région de l'Afrique au Secondaire. D'une part en effet le nombre des espèces recensées est beaucoup trop faible — l'étude des espèces polliniques le confirmera — pour traduire la diversification déjà grande de la flore ; d'autre part si les espèces paléontologiques sont bien définies, leur affinité botanique est très souvent incertaine ou vague. Nous verrons plus loin (chapitre v) que l'analyse palynologique permet de reconstituer les végétations avec plus de vérité statistique.

Source : MNHN, Paris

tion des domaines correspondants demeurait. Pour le résoudre — en partie au moins — je me suis forgé une hypothèse de travail à la suite d'une confrontation de données bibliographiques éparses et des résultats d'observations personnelles : le milieu de dépôt pouvait être défini ou précisé d'après l'*analyse quantitative* du contenu palynologique global en tenant compte en particulier des fréquences absolues des éléments soit d'origine terrestre, soit d'origine marine, soit pouvant traduire un milieu saumâtre. Cette hypothèse a d'abord été testée dans certains intervalles du Mésozoïque saharien dont les divers milieux de dépôts étaient assez bien indiqués par des faciès typiques puis la méthode a été appliquée aux intervalles dont la paléogéographie était peu ou mal connue. En outre, la grande quantité d'échantillons analysés (plus d'un millier) permettait d'entreprendre avec une base statistique acceptable, une étude sur le processus de la « *sédimentation palynologique* » (locution déjà employée par M. Rossignol 1970), c'est-à-dire le mécanisme de la dispersion et du dépôt des divers éléments palynologiques. Le lecteur trouvera dans ce mémoire plusieurs graphiques traduisant ces phénomènes sédimentologiques.

Enfin, l'étude palynologique du Mésozoïque saharien a conduit à un travail de *recherche appliquée*. La documentation patiemment rassemblée sur un modèle palynologique complexe méritait d'être exprimée dans sa totalité en raison de la base statistique qu'elle représente tant pour une utilisation industrielle que pour des recherches supplémentaires éventuelles. Compte tenu du volume des informations (1 200 échantillons analysés, 2 000 mesures ou évaluations quantitatives, plus de 25 000 déterminations) celles-ci ne pouvaient être livrées dans un texte que sous forme de longues listes ou de tableaux imposants. Il fallait donc envisager l'emploi d'un outil permettant un stockage et une consultation aisée par le palynologue stratigraphe ou sédimentologue. C'est pourquoi existe à côté du texte et des figurations de ce mémoire un *fichier enregistré sur bande magnétique*. Malgré l'apparente (et provisoire) difficulté matérielle de lecture, il s'agit du seul document permettant de rendre compte instantanément de renseignements aussi divers que la richesse moyenne à l'échelle du bassin saharien, la composition la plus détaillée possible du contenu palynologique d'un échantillon précis ou bien la fréquence relative dans un intervalle donné de telle ou telle espèce parmi les 400 recensées. De tels renseignements, s'ils devaient être extraits de listes ou de tableaux nécessiteraient une énorme compilation ainsi évitée.

Mais ce fichier n'est pas seulement d'un intérêt documentaire. En effet, lui est annexé, enregistré sur la même bande, un *programme d'interprétation stratigraphique immédiate* des résultats d'analyse palynologique éventuels. Ce programme simple n'a pas été réalisé dans le seul souci de trouver une application nouvelle à l'informatique mais surtout pour répondre aux nécessités de l'utilisation rationnelle des informations collectées. En effet deux phénomènes propres au Mésozoïque saharien rendent en pratique délicates les interprétations stratigraphiques à partir des seuls résultats qualitatifs : (1) de nombreuses espèces ont une grande répartition stratigraphique, (2) les nombreux remaniements de sédiments contenant des spores et des pollens masquent la zonation palynologique réelle. Pour ces raisons, seuls les calculs faisant intervenir les fréquences statistiques des espèces sont en mesure de fournir des indications stratigraphiques relativement précises. Ce programme en langage Fortran est écrit pour un ordinateur Control Data 3600. Un ordinogramme en est donné à la fin de ce mémoire. Sa mise en œuvre est aisée : il suffit de remplir une table exprimant la composition du contenu palynologique d'un échantillon (espèces reconnues et nombre d'individus correspondants comptés) pour obtenir l'indication d'âges géologiques de plus en plus probables.

Par ailleurs, ce fichier s'est avéré un précieux instrument de *recherche fondamentale*, notamment celle concernant les phénomènes de la « sédimentation palynologique » ; plusieurs de ces phénomènes ont, en effet, été mis en évidence par la recherche des corrélations statistiques entre des quantités évaluées ou mesurées variant d'une manière apparemment aléatoire (quantité de matière organique, de débris de bois, de microforaminifères, de quartz pélitique résiduel, etc.).

Notons enfin que la conception de ce fichier et de ces programmes est de nature à faciliter l'amélioration permanente des connaissances sur la Palynologie du Mésozoïque saharien. En effet, au fur et à mesure que se poursuivront les études, et à condition que soient suivies les méthodes, les mesures et les codifications normalisées dans le présent ouvrage, les informations nouvelles pourront être immédiatement intégrées aux anciennes pour affermir la base statistique des résultats et modifier, préciser ou confirmer les connaissances actuelles.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE I

LE CADRE GÉOLOGIQUE ET LES OBJECTIFS DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE

I. — GÉNÉRALITÉS

A. — Situation et références.

L'étude palynologique présentée ici concerne les séries secondaires du Sahara algéro-tunisien incluses entre la base du Trias et le Sénonien inférieur. Elle est fondée sur l'analyse tantôt fragmentaire tantôt continue de 27 sondages traversant totalité ou partie d'un ensemble de formations désignées sous le nom de « Mésozoïque saharien » (G. Busson 1967). Cet ensemble, recouvert sur sa majeure partie par des terrains tertiaires, occupe un immense bassin géographique s'étalant depuis la flexure atlasique et la chaîne du Tebaga de Kebili au Nord jusqu'aux massifs paléozoïques de l'Ahnet, du Mouydir et du Tassili N'Ajjer au Sud ; à l'Ouest il est limité par les massifs paléozoïques de Colomb-Béchar, d'Ougarta et de Tabelbala ; à l'Est les terrains secondaires se poursuivent en Lybie passant au-delà vers l'Est africain à la formation dite des « grès de Nubie », mais cette étude palynologique se limite à la frontière tuniso-lybienne. Elle ne concerne donc que cette partie du Sahara dont la stratigraphie et la sédimentologie faisaient depuis quelques années déjà l'objet d'une étude approfondie de G. Busson. Ce sont d'ailleurs les résultats synthétiques obtenus au fur et à mesure par cet auteur qui servirent de point de départ et de support à ma recherche. Tous les renseignements préalables indispensables (stratigraphiques, lithologiques, paléontologiques) furent en effet puisés dans les notes ou les ouvrages aujourd'hui parus de G. Busson (1967, 1970 notamment). Le présent chapitre a précisément pour objet de décrire ce cadre géologique et de définir les problèmes assignables à la palynologie. Je suivrai pour celà un plan simple inspiré de la présentation des travaux de référence.

Pour chaque unité strati ou parastraphique définie par la géologie générale j'indiquerai pour quelles raisons elle a été individualisée, si elle est datée, comment et en quels points.

Ensuite, j'indiquerai la lithologie des formations d'où sont extraits les échantillons analysés, ce qui alourdira fortement le texte par des descriptions fastidieuses mais nécessaires [1]. Enfin, brièvement, seront mises en relief, lorsqu'il y a lieu, les incertitudes qui subsistent en ce qui concerne tant la stratigraphie que les milieux de dépôt. Alors pourront être définis pour chaque unité quelques objectifs précis assignables à l'analyse palynologique.

1. Ces descriptions sont directement extraites des logs lithologiques des sondages étudiés, logs qu'il n'était pas possible de reproduire dans cet ouvrage à une échelle lisible.

Source : MNHN, Paris

B. — Fondements stratigraphiques.

Les corrélations établies par G. Busson sur plus d'une centaine de sondages répartis sur la quasi-totalité des régions sahariennes ont été réalisées en particulier par l'étude des diverses diagraphies qui, selon l'auteur, permettent, en combinaison avec les autres données issues de la surveillance géologique, « de définir la série avec au moins autant de détails que l'examen des coupes de terrain et d'en suivre l'évolution dans le temps et dans l'espace avec une précision extraordinaire ». Ce sont principalement les diagraphies de résistivité, de radioactivité, de vitesse de propagation des ondes acoustiques (soniques), de polarisation spontanée.

G. Busson a mis en évidence, grâce à ces techniques, plusieurs changements radicaux de sédimentation qui se sont développés d'une extrémité à l'autre du bassin à divers moments du Secondaire. Il a ainsi délimité plusieurs unités de valeur stratigraphique générale mais, écrit-il, « la rareté des faunes dans ces séries mésozoïques sahariennes, et plus encore, l'absence quasi totale de niveaux carottés — qui auraient permis de mettre cette rare faune en évidence — sont responsables du fait que les *unités ci-dessous définies sont essentiellement des ensembles lithologiques*, malgré la nomenclature stratigraphique que j'ai employée toutes les fois que la chose était possible ». Il poursuit cependant : « bien des exemples célèbres rendent suspect au géologue le *synchronisme de telles unités lithologiques...* En fait il semble qu'il n'en soit pas de même sur la plate-forme saharienne et que les successions, parfois très fines et complexes, que l'on peut suivre et retrouver sur un vaste domaine, ne s'accommodent pas de décalage chronologique notable ». Aussi, pour désigner de telles unités, l'auteur a utilisé dans la mesure du possible « la nomenclature stratigraphique universelle et *cela même au prix de légères approximations* ». La plupart des âges indiqués ne sont donc prouvés qu'en de rares points — de sorte que, dans certains cas, explique G. Busson, telle étiquette n'est que partiellement vraie. L'unité dénommée « Turonien », par exemple, comporte en fait à sa base du Cénomanien supérieur. Je préciserai donc au cours de l'exposé concernant le cadre géologique l'acception donnée par G. Busson à l'éventuelle étiquette stratigraphique. Dans plusieurs cas d'ailleurs aucune étiquette n'est appliquée, lorsque cet auteur n'a pu que nommer des unités parastratigraphiques (Salifère principal par exemple), utilisant parfois des appellations antérieurement employées (horizon B). En résumé, malgré sa terminologie assez disparate et le fait que certains intervalles sont, nous le verrons, très compréhensifs, l'échelle stratigraphique du Mésozoïque saharien de G. Busson ne présente aucune ambiguïté fondamentale. Aussi l'ai-je intégralement adoptée comme base de mon étude.

C. — Codification de la stratigraphie.

Je me suis donc conformé strictement à cette échelle parastratigraphique du Mésozoïque saharien que j'ai simplement codifiée dans une nomenclature « alphanumérique » facilement utilisable dans un fichier mécanographique. L'avantage d'un tel fichier de consignation et de traitement de l'information palynologique est largement exposé ci-dessous dans le chapitre III, §. 3 consacré aux méthodes d'analyses quantitatives. La confection de ce fichier a naturellement nécessité la codification préalable non seulement des groupes et des espèces palynologiques mais aussi celle des étages ou des formations d'où proviennent les échantillons de sondages analysés. Ce fichier, complément du présent mémoire, pourra éventuellement être utilisé par les palynologues praticiens désireux d'une information détaillée. Il convient donc d'exposer toutes les codifications employées et en particulier celle de la stratigraphie. Chaque unité stratigraphique (étage ou groupe d'étages) limitée par des repères synchrones ou considérés comme tels est désignée par **un chiffre croissant dans le sens chronologique**. Quant aux diverses formations lithologiques élémentaires qui composent chaque unité stratigraphique principale, formations régionales ou pluri-régionales sans datation précise, elles sont codifiées par une **lettre croissante dans l'ordre alphabétique selon la position de plus en plus élevée dans la coupe.**

Source : MNHN, Paris

Exemple : Le Lias-Dogger inférieur est désigné par le chiffre 4 ; le Salifère liasique inférieur par la désignation alphanumérique 4a, le Salifère liasique supérieur par 4c.

Toutefois, les formations de même faciès (donc désignées dans certains cas d'une manière identique par G. Busson) mais de valeur stratigraphique variable selon les provinces font l'objet d'une codification alphanumérique propre à chaque province.

Exemple : les formations dites « argilo-gréseux inférieur » dans le Sud tunisien et dans le Gassi-Touil ont des limites supérieures non datées mais vraisemblablement hétérochrones : elles sont ici respectivement codifiées 1a et 1f.

Un tel système de codification présente l'avantage de regrouper aisément (par le chiffre) toutes les informations relatives aux unités principales de valeur générale, tout en conservant (par la lettre) l'individualité de celles relatives à chacune des formations constituantes.

D. — Les provinces sahariennes étudiées.

Toutes les grandes unités du Mésozoïque saharien présentent, nous le verrons, des variations latérales de faciès parfois très importantes de sorte que ni la nature, ni la succession litbologique ne sont identiques sur toute l'étendue du domaine étudié. Pour chaque unité principale, c'est-à-dire de valeur généralisée à tout le Sahara, G. Busson a défini un certain nombre de *provinces* correspondant soit à des groupements géographiques naturels, soit à des ensembles de faciès homogène à telle ou telle période de l'histoire du Mésozoïque.

La délimitation et le nombre de ces provinces sont naturellement différents selon les unités successives car les conditions paléogéographiques et sédimentologiques ont varié à la fois dans le temps et dans l'espace. Afin de simplifier la description du cadre géologique, dans ce mémoire, les divers sondages analysés ont été situés dans six Provinces géographiques. Il s'agit malgré tout de régions présentant une succession lithostratigraphique voisine à l'intérieur de chaque intervalle. Il va de soi cependant que selon l'intervalle considéré je parlerai de « région » ou de « partie » de ces provinces, lorsque l'on y observe des variations latérales suffisamment importantes pour évoquer des domaines de sédimentation différents. La Province Septentrionale par exemple se subdivise dans la plupart des étages en région occidentale et région orientale, celle-ci faisant transition avec l'Extrême-Sud tunisien.

Les six Provinces délimitées dans le Sahara algéro-tunisien (fig. I. 1) ont été codifiées par un chiffre dans le fichier mécanographique annexe. Ce sont :

1. — *L'Extrême-Sud tunisien*, province de référence d'importance stratigraphique primordiale en raison des affleurements à intercalations marines datées des régions de Foum Tatahouine et de la Grande falaise. Elle s'étend du Tebaga de Kebili au Nord de Rhadamès et comprend la Djeffara, le Dahar tunisien et la région qui le prolonge vers le Sud.

2. — Le *Tinrhert* dont les affleurements du Crétacé supérieur sont parfois fossilifères et où les corrélations au niveau du Jurassique et du Crétacé inférieur sont incertaines.

3. — Le *Gassi-Touil s.l.* abondamment foré présentant une individualité certaine au Trias et caractérisé par des mouvements tectoniques crétacés.

4. — La *région d'Ouargla - Oued Mya*, Province Centrale du bassin saharien englobant en particulier les régions d'Hassi-Messaoud et d'El-Agreb.

5. — *La Province Septentrionale*, englobant le Bas-Sahara, la région occidentale des Daïas, celle de Touggourt et les confins algéro-tunisiens nord-sahariens.

6. — *La Province Occidentale* comprenant une partie du Mzab, la région d'El Goléa, celle du Haut Oued Mya et la bordure nord-est du Tademaït.

Source : MNHN, Paris

La liste et l'emplacement des sondages analysés sont indiqués sur la Fig. 1 et dans l'index situé à la fin de l'ouvrage.

E. — Tableaux récapitulatifs.

Des tableaux numériques de corrélation entre sondages analysés (cotes G. Busson 1970) sont donnés ci-dessous pour les intervalles suivants : Trias et Lias inférieur *p.p.*, Lias inférieur *p.p.* à Aptien, Aptien à Sénonien. Ces tableaux ne concernent que les parties de sondages étudiées ; les sondages y sont groupés par provinces. Indiquant les unités principales et les formations élémentaires constituantes ainsi que leurs codifications alphanumériques, leurs épaisseurs et le nombre d'échantillons analysés, ces tableaux récapitulent le contenu stratigraphique de l'exposé qui suit. Ce dernier comportera en outre les indications paléogéographiques et sédimentologiques et situera les problèmes palynologiques.

J'en rappelle brièvement le plan : chaque unité principale sera tour à tour considérée depuis la base du Trias jusqu'au sommet du Turonien.

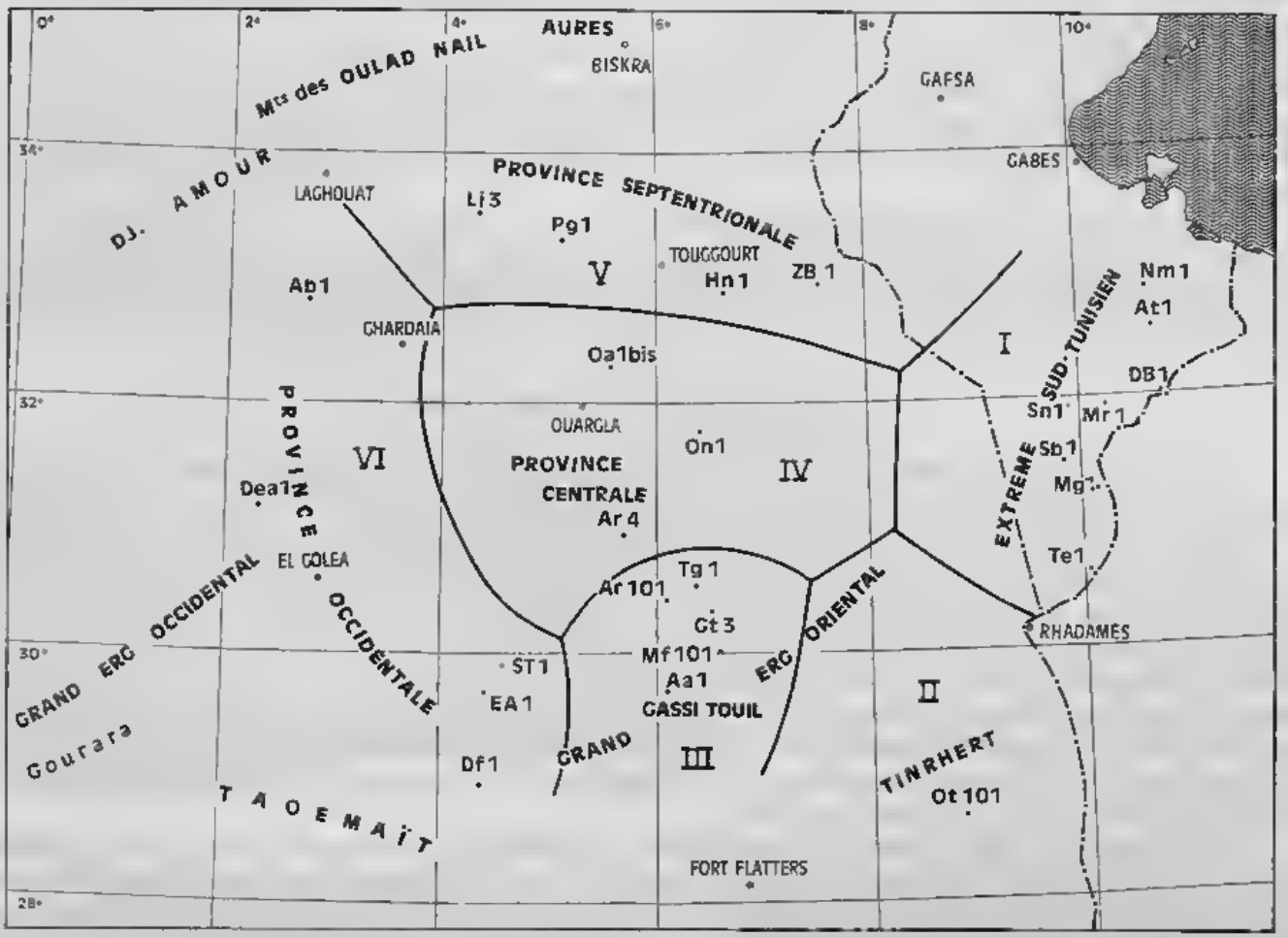


Fig. I. 1. — Provinces du Mésozoïque saharien et situation des sondages étudiés. Il s'agit de régions géographiques dont chacune présente une certaine unité lithologique dans la plupart des intervalles stratigraphiques du Mésozoïque.

Source : MNHN, Paris

II. — LE TRIAS

A. — Généralités.

J'ai abordé sans l'approfondir l'étude palynologique des formations triasiques sahariennes cette lacune a des raisons diverses. La première fut la difficulté d'obtenir un échantillonnage contin de ces formations pourtant abondamment carottées par les compagnies de recherche pétrolière qu les considéraient comme un réservoir de pétrole possible. Or les quelques sondages étudiés ne m'on offert qu'une microflore très réduite compte tenu du volume d'échantillons traités ; au sein d'épaisse passées dépourvues totalement ou presque de microfossiles, des niveaux trés minces (de quelque centimètres parfois) se sont avérés heureusement fossilifères ; on peut penser que les quelques niveaux recensés ont révélé la majeure partie des espèces triasiques sahariennes mais seul le traitement en con tinu de tous les cuttings et carottes de sondages étudiés eût permis de déceler toutes les riches passée accidentelles certainement plus nombreuses.

Le Trias est le seul intervalle pour lequel j'ai disposé d'une référence bibliographique intére sante. Il s'agit de la « Contribution à l'étude palynoplanctologique du Permo-Trias en France et en Afr que du Nord »[1], travail universitaire de H. Biard (1963) où est proposé un essai de corrélation paly nologique dans le Trias de trois sondages du Sud tunisien et trois sondages du Sahara algérien (zon centrale).

En raison de l'importance des formations triasiques sahariennes et des problèmes stratigr phiques et paléogéographiques qu'elles soulèvent, leur étude palynologique méritait d'être repris et approfondie. Le Trias est en effet l'unité la plus complexe lithologiquement et paléontologiquemen la plus pauvre.

1. — *Limites et principales unités.*

Dans la majeure partie du bassin et en discordance sur le Paléozoïque plissé existe une sér essentiellement détritique atteignant plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. C'est le *Trias gréseu*

Si le contact entre les formations paléozoïques et la série gréseuse sus-jacente « peut être situ en général avec une bonne précision », la partie supérieure du Trias n'a nulle part pu être mise en coïn cidence avec une limite lithologique nette. Dans les premiers forages pétroliers la limite avec le Jura sique était conventionnellement située au mur d'un banc carbonaté constituant un excellent niveau repère de trés grande extension et surmontant une épaisse série salifére, le « niveau B ». Divers arg ments situeraient aujourd'hui ce niveau B dans le Lias inférieur mais la limite réelle Trias-Jurassiqu reste indéfinie au sein de l'épaisse série salifére sous-jacente au niveau B. Cette série surmontant Trias gréseux n'a pu être attribuée par G. Busson qu'au « Trias-Infralias » ; elle constitue l'unité par stratigraphique appelée *Salifère principal.*

La figure I. 2 (= fig. Trias 1, G. Busson 1970, ici reproduite) schématise la disposition généra des diverses formations du Trias et montre avec clarté que « le Trias gréseux est un faciès *diachron* jalonnant l'avancement de la transgression sur le socle paléozoïque et se perpétuant là où des appor fluvio-deltaïques empêchaient l'établissement du régime laguno-évaporitique ». De même le Salifè principal est lui aussi un faciès « dont l'absence de synchronisme à l'échelle du bassin est évidente

Dans la plus grande partie du Sahara existe un horizon admis comme un repère temps, c'e le *repère d2.* Ce repère se situe à la base d'une intercalation dolomitique dans la région septentrional

1. Les formes citées ou décrites par H. Biard ont été pour la plus grande part retrouvées dans les échantillo que j'ai personnellement étudiés et codifiés. Toutefois, les espèces nouvelles créées par cet auteur ne sont pas valid car non publiées au sens du Code International de Nomenclature Botanique.

Source : MNHN, Paris

argileuse dans les parties centrales et orientales (fig. I, 2). Il sépare deux formations d'épaisseur modeste (et variable) mais très étendues :

— sus-jacentes au repère d2, les *argiles de d2* passant partiellement à des dolomies dans la région Nord-Ouest (Sud de Laghouat),

— sous-jacentes au repère d2, les *évaporites infra-d2*.

Ces formations surmontant le Trias gréseux constituent la base du Salifère principal.

Au sein du Salifère principal existe enfin un *repère a2*, le seul qui soit d'extension quasi générale avec le mur de l'horizon B. Il permet de définir un *intervalle* a^2-d^2 et un *intervalle a2-B* sur presque toute l'étendue du bassin.

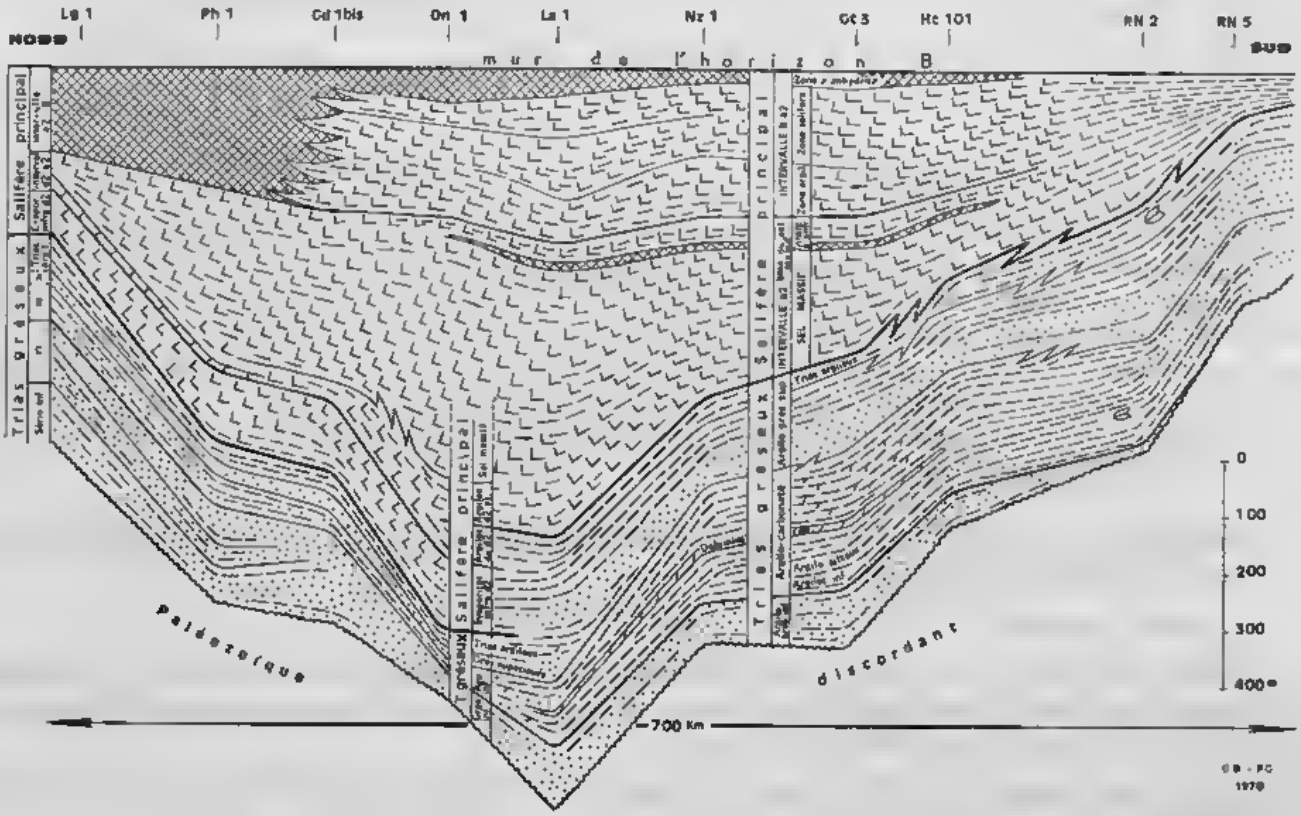


FIG. I. 2. — Coupe schématique N-S du Trias gréseux et du Salifère principal du Sahara algérien (figure extraite de G. Busson 1970b). Ces deux formations diachrones ont de plus en commun des épaisseurs variant du simple au triple selon les régions.

2. — *Codification.*

Compte tenu de l'extension de ce repère a2, j'ai adopté la codification numérique 1 pour toutes les formations de valeur stratigraphique variable ou incertaine incluses entre la base du Trias gréseux et le repère a2. Nous verrons au cours de la description de chaque province quelle désignation alpha-numérique a été donnée à chaque formation constituante. Je précise toutefois dès maintenant que partout où elles sont identifiables, c'est-à-dire dans l'Extrême-Sud tunisien, la région d'Ouargla-Oued Mya et la Province Septentrionale, les formations « évaporites infra-d2 » et « intervalle a2 — d2 » (celles-ci contenant à la base les argiles de d2) ont respectivement été désignées par 1d et 1e en raison de la valeur synchrone des niveaux repères qui les encadrent et les définissent.

Quant à l'intervalle a2 — B qui termine partout le « Trias » saharien, il constitue l'ensemble numérique 2. Il n'est jamais divisé en unités secondaires dans le présent travail.

Source : MNHN, Paris

B. — Le Trias gréseux.

Cette formation trés complexe se présente avec des épaisseurs et des termes différents sur la plate-forme saharienne.

1. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Il fait partie du même domaine de faciés que toute la région du Grand Erg Oriental qu'il prolonge vers le Nord-Est avec de sensibles modifications toutefois. Cinq sondages y ont été étudiés par H. Biard ou moi-même (ou par tous les deux successivement) : ce sont Mr 1, Sn 1, Sb 1, Mg 1 et Te 1.

a. — On distingue partout à la base un *argilo-gréseux inférieur* épais de 150 à 200 mètres et codifié 1a.

Remarques.

1. — Dans la région nord, en particulier dans le sondage Sn 1, cet argilo-gréseux inférieur se subdivise en deux zones : une zone inférieure de *grés moyens à grossiers* attribués au Trias inférieur et surmontée par une *série fine supérieure* équivalente de la formation lybienne dite de Ras Hamia et datée du *Trias moyen* par les données paléontologiques (G. Busson 1967). Quelques cuttings de ces deux zones ont été analysés mais seule la série fine supérieure a fourni de la microflore ; celle-ci est d'autant plus intéressante que l'âge de la série est, fait exceptionnel dans le Trias saharien, relativement précis.
2. — Dans l'Extrême Sud de la province (Te 1) le toit de l'argilo-gréseux inférieur est plus récent que celui de la même formation plus au Nord, les apports détritiques ayant persisté plus longtemps. Les deux cuttings analysés ont cependant été rangés dans l'ensemble alpbanumérique 1a, car ils sont situés vers la base de cet argilo-gréseux inférieur.

b. — Dans toute la province existe, au-dessus, un ensemble appelé *Trias argilo-carbonaté* (ou des ensembles équivalents).

La série comprend :

— une partie inférieure de 150 m d'épaisseur environ et une série gréseuse appelée « *grès A* » : l'ensemble est désigné 1b. Dans le sondage Mr 1 la base de cette formation est datée au Muschelkalk supérieur, tandis que le sommet serait déjà du Carnien.

— une partie supérieure mince dite *Trias argileux* constituant le dernier terme du Trias gréseux et désignée 1c.

Ces deux formations ont été analysées dans les sondages Sb 1, Mg 1, Sn 1, Mr 1, et Te 1.

Remarque.

Dans l'Extrême Sud (Te 1), la limite inférieure de l'argilo-carbonaté local est, nous l'avons vu, plus récente que celle de l'argilo-carbonaté habituel, c'est-à-dire des régions médianes. En outre, la limite supérieure du Trias gréseux se repère mal. L'argilo-carbonaté de cette région a donc été inclus dans un ensemble compréhensif englobant également une partie du Salifère principal et codifié 1v.

Les faciès.

Sb 1.

Argilo-gréseux inférieur (154 m) : argile brun-rouge à niveaux de grès rouge, puis grès blancs moyens à trés fins ; passées charbonneuses.

Argilo-carbonaté (141 m) : marne grise souvent dolomitique, puis argile plus ou moins marneuse avec passées de dolomie ; quelques bancs d'anhydrite massive. 16 mètres d'argile brun rouge (Trias argileux).

Source : MNHN, Paris

PROVINCES :			EXTRÊME SUD-TUNISIEN							Septentrionale				OUARGLA		
SONDAGES :			At 1	D8 1	Mr 1	Sn 1	Sb 1	Mg 1	Te 1		Z8 1	Pg 1	Li 3		Oa 1	On 1
FORMATIONS		Code	3					1		Code 3		1		Code 3		
HORIZON B			94	755	1327	1628	1733	1499	1448		2881	2744	2720			2744
SALIFÈRE PRINCIPAL	a2 - B2	2	4	5	3	4	9	4	2	2	1	8	5	2		6
			398?	1063	1493	1780	1865	1620	1554		3152	2938	2861			2938
	d2 - a2	e			3	4	3	3	1	e	2		4	e		9
	Evaporites Infra d2				1652	1938	1944	1695			3475		3000		3687	3205
		d			2	1	1		2	d			2	d	3	
TRIAS Gréseux		1			1699	1989	1962	1701	1v	1			3078	1	3775	
	Argilo-carbon. TRIAS Argileux	c			1		1			n			1			
					1710	2012	1978	1716?					3120			
	Argilo-carbon. Grès	b			5	13	6	3		m			3	p		
					1877	2168	2103	1779	1607				3291		3850	
	Argilo-gréseux inférieur	a			4	4	6	6	3	l	Série inférieure		2	o	2	
					2037	2316	2257	1970	1825				3352		3998	

TABLEAU I. 1. — Trias-Lias inférieur. Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages de l'Extrême-Sud tunisien et des Provinces Centrale et Septentrionale. Situation des séries et échantillons analysés.

PROVINCES :			GASSI TOUIL				Oued MYA			Occident Nord		Occident Sud	
SONDAGES :			Tg 1	Ar 101	Gt 3	Mf 101		Ar 101	Qd 1		Ab 1		St 1
FORMATIONS		Code					Code			Code		Code	
HORIZON B		3		12			3			3		3a	1
				2373	1124	2660		2440					2560
SALIFÈRE ppal	a2 - B2	2		3	5	6	2	2		2	2		
				2511	1376	2877		2504			?	1t	5
	a2 Base sel massif	k		2	5	6	S	2		S	1		
				2615	1604	3031		2580			2377		2695
TRIAS Gréseux	Argilo-gréseux supérieur TRIAS Argileux	j											
			1457		1631								
		i	5		7								
			1569		1743						3		
	Argilo-carbonaté Oolomie repère	h 1					1 r			r			
					1872								
		g			3			Ar 7					
			1765		1966			3042	3038		2420		
	Argilo-gréseux inférieur					Gt 4							
		f	3		3		q	Grès inf. 2	3	q	Grès inf. 1		
			1835		2057			3102?	3057		2467		

TABLEAU I. 1 bis. — Trias-Lias inférieur. Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages de la Province Occidentale et du Gassi-Touil. Situation des séries et échantillons analysés.

Source : MNHN, Paris

Mg 1.

Argilo-gréseux inférieur (191 m) : argile rouge puis grès blanc fin à ciment argileux ; Ostracodes et pyrite.

Argilo-carbonaté : 63 m d'argile, de marne noire et de calcaire marneux, puis 15 m d'argile alternant avec de l'anhydrite (Trias Argileux).

Sn 1.

Argilo-gréseux inférieur (148 m) : grès micacés ou à débris phosphatés avec intercalations d'argiles, de brèches, de niveaux charbonneux.

Argilo-carbonaté (179 m) : dolomie marneuse à la base puis argile brune, verte ou rouge. Au-dessus d'une fine passée de dolomie, 23 m d'argile rouge (Trias argileux).

Mr 1.

Argilo-gréseux inférieur (160 m) : grès grossier à niveaux conglomératiques à la base, puis argiles versicolores gréseuses, puis grès moyen à fin dolomitique ou charbonneux.

Argilo-carbonaté (178 m) : alternance de dolomies, de marnes, d'argiles bariolées et d'anhydrite massive.

Te 1.

Argilo-gréseux inférieur (218 m) : argiles vertes, rouges ou noires, gréseuses ou à ciment argilo-dolomitique, et grès fin à moyen.

2. — *La Province Septentrionale.*

Le Trias gréseux de cette province n'a été étudié que dans le sondage Li 3 et les résultats palynologiques sont minimes. Aussi je ne détaillerai pas la succession lithologique observée dans cette province et dont la complexité entraîne d'ailleurs une grande difficulté de corrélation.

a. — Sur presque toute l'étendue de cette province s'individualise à la base une *série inférieure* gréseuse codifiée 1l, formation de comblement caractérisée par la rareté des faciès grossiers.

Cette série inférieure qui correspondrait à des dépôts fluviatiles ou deltaïques, contient des empreintes charbonneuses et de la pyrite, témoins respectifs d'une végétation peut-être autochtone et de milieux euxiniques fréquents, donc de conditions pouvant être considérées *a priori* comme favorables à la conservation du pollen.

Cette série n'a pu hélas être étudiée en palynologie qu'en un seul point (Li 3, 3.320 m).

b. — Au-dessus l'équivalent de l'argilo-carbonaté (si bien défini dans le Grand Erg Oriental) comporte une *partie inférieure* épaisse de 160 à 300 m codifiée 1m, et un « *Trias argileux* » mince sus-jacent, codifié 1n.

La succession est en réalité plus complexe (voir G. Busson 1970). Du point de vue stratigraphique un fait est à souligner : le faciès argileux (Trias argileux) n'a pas la même position chronologique dans la province septentrionale et dans l'Extrême Sud tunisien, par conséquent l'argilo-carbonaté non plus. Ces deux formations ont donc été codifiées d'une manière particulière à la province septentrionale, soit respectivement 1m et 1n.

Les faciès.

Li 3.

Série inférieure (61 m) : grès fin à moyen, à ciment argileux, intercalé d'argile brun-rouge à verte.

Argilo-carbonaté (215 m) :

— 171 m : partie inférieure : grès quartzites fins à joints d'argile à la base, argile brune à intercalation de grès fin au milieu, grès fin anhydritique ou calcaire à passées argileuses au sommet.

— 42 m : Trias argileux : argile brun-rouge salifère ou dolomitique.

Source : MNHN, Paris

3. — *Le Gassi-Touil.*

Cette province se définit et se délimite au Trias comme celle où « un ensemble *argilo-gréseux supérieur*, équivalent latéral des évaporites infra-d2, se superpose aux deux unités habituelles, l'argilo-gréseux et l'argilo-gréseux inférieur. »

Un échantillonnage de carottes des sondages Gt 3, Gt 4 et Tg 1 a été soumis à l'analyse palynologique.

Compte tenu de l'incertitude des équivalences stratigraphiques avec les formations de même désignation littérale des autres provinces :

— l'argilo-gréseux inférieur, épais de 40 à 80 m environ, a été codifié 1f.

— l'argilo-carbonaté, épais de 200 à 300 m environ a été codifié 1g et 1h selon qu'il s'agit de la partie inférieure ou supérieure à un banc de *dolomie repère* d'extension provinciale.

Les faciés.

Tg 1.

Argilo-gréseux inférieur (70 m) : alternance d'argiles pélitiques ou gréseuses et de grès fins, parfois argileux, quartzitiques au sommet.

Argilo-gréseux supérieur (150 m) : 112 m d'alternance de grés moyens à grossiers et sables (à la partie basale surtout), d'argiles rouges pélitiques et de grès argileux fins, avec passées de charbon dans la partie médiane.

38 m Trias argileux : argiles rouges à passées de sel (non étudié).

Gt 3.

Argilo-gréseux inférieur (91 m) : alternance de grès moyens à grossiers, argilo-anhydritiques et d'argiles grises, brunes ou vertes, parfois pélitiques à débris ligniteux.

Argilo-carbonaté (223 m) :

— la partie inférieure (84 m) est constituée d'argiles plastiques brun-rouge à passées de grés trés fin, moyen ou grossier ; à la partie terminale, argile dolomitique.

— la partie supérieure (189 m) n'a pas été étudiée.

Argilo-gréseux supérieur (139 m) :

— 112 m d'alternance d'argile brun-rouge plus ou moins silteuse avec parfois des rognons d'anhydrite et de grés fin, moyens ou grossiers.

— 27 m d'argiles brun-rouge (Trias argileux).

Dans ce sondage les échantillons de l'argilo-gréseux supérieur ont été codifiés 1i et 1j, selon qu'ils provenaient de la série de base ou du Trias argileux mince qui termine le Trias gréseux.

Remarques.

Plus que celui d'autres régions du Sahara, le Trias du Gassi-Touil pose deux problèmes géologiques précis :

1. — Dans le sondage Tg 1 l'argilo-gréseux inférieur a livré un fragment végétal de *Pagiophyllum peregrinum* Lind et Hutt. Ce fait est d'une grande importance palyno-stratigraphique ; il est admis en effet que les pollens de plusieurs espèces de ce genre appartiennent au genre de forme *Classopollis* (Pflug) Reyre ; or jusqu'à présent, ces pollens n'ont jamais été signalés dans le Trias inférieur, ils apparaissent seulement au cours du Trias moyen.

2. — L'argilo-gréseux supérieur pose un important problème paléogéographique et sédimentologique. C'est une formation où les stratifications entrecroisées ou obliques sont fréquentes ainsi que les intercalations d'argiles (chlorites magnésiennes, chlorites montmorillonite) à débris ligniteux. En raison de « l'étalement de la formation et de l'extension régionale des ensembles successifs qui la composent » G. Bus-

Source : MNHN, Paris

son écrit : « je parlerai de dépôts *deltaïques*, mais seulement faute de mieux, car, à vrai dire, aucun delta non plus ne supporterait une comparaison un peu poussée... ». Nous verrons ci-dessous comment le milieu de dépôt peut en général être défini par l'analyse palynologique (chapitre v).

4. — *La région d'Ouargla - Oued Mya.*

Dans cette province il est pratiquement impossible d'énumérer une succession verticale constante de niveaux et le Trias gréseux ne peut être envisagé que globalement. Les épaisseurs changeantes évoquent « une formation de remplissage qui a comblé et enseveli les reliefs constitués par la surface d'érosion du Paléozoïque ancien ». Dans cette formation sont intercalées de vastes coulées d'andésite. On serait dans un domaine résistant à la subsidence. Quelques carottes ont été analysées par H. Biard dans les sondages Oa 1 bis, Qd 1 et Ar 7 et je ferai état de ces résultats.

Dans ce Trias gréseux on distingue sans pourtant retrouver cette succession partout :

— des *grés inférieurs* codifiés 1o dans le sondage septentrional Oa 1 bis et 1q dans les sondages Qd 1 et Ar 7.

— un *ensemble argileux ou argilo-carbonaté + des grès supérieurs*, le tout codifié 1 p en Oa 1 bis, 1 r en Qd 1 et Ar 7.

En effet, cet ensemble n'a pas la même valeur au Nord (où il est surmonté par les évaporites infra-d2) qu'au Sud où il s'étend jusqu'à la base du sel massif du Salifère principal.

Les faciès.

Ar 7.

Grès inférieurs (60 m) : argile brun-rouge finement silteuse, légèrement carbonatée avec quelques inclusions d'anhydrite et de sel ; deux fines passées de grès argileux à la base.

Qd 1.

Grès inférieurs (19 m) : grès salifère fin à moyen avec des passées conglomératiques, des passées d'argile et de marne ; débris de végétaux.

Oa 1 bis.

Argilo-gréseux inférieur (148 m).

5. — *La Province Occidentale.*

Seule la partie nord a été analysée (sondage Ab 1). Comme dans le sud de la région d'Ouargla - Oued Mya le Trias gréseux, très peu épais, se divise en *grés inférieurs* (1q) et une *série supérieure* (1 r).

Les faciès.

Ab 1.

Grés inférieurs = (67 m) : argile, puis dolérite, puis sables et conglomérats. Non analysés.
Série supérieure = (43 m) : grès moyen à conglomératique à ciment anhydritique ; passées d'argile et de lignite.

6. — *Le Tinrhert.*

Le Trias gréseux de cette région n'a pas été étudié.

7. — *Conclusions sur le Trias gréseux.*

a. — L'argilo-gréseux inférieur fournit pour G. Busson un exemple « de migration du rivage sédimentaire » depuis le Sud Tunisien jusqu'à Hassi-R'Mel. Au cours de cette migration se sont accu-

Source : MNHN, Paris

mulés en quantité les « *éléments d'exportation continentale* » (quartz, feldspaths, minéraux lourds, kaolinite, débris charbonneux). Mais il existe également des « *éléments d'origine océanique* » (dolomie, anhydrite), alors que « l'absence... du moindre débris de Foraminifère ou d'Échinoderme paraît peu compatible avec un dépôt marin franc ». Nous verrons que la palynologie peut apporter certaines indications précieuses pour des problèmes de cette sorte, en particulier par la reconnaissance des Acritarches et des Microforaminifères chitineux.

b. — La complexité lithologique observée dans le Trias gréseux et l'hétérochronisme des formations de même faciès pose au palynologue désireux d'établir une échelle stratigraphique un délicat problème méthodologique. Aussi ai-je adopté une codification qui permette de recenser séparément le contenu palynologique de chaque formation lithologique dans chaque province. Seule la confrontation ultérieure des résultats permettra de voir quelles équivalences la Palynologie pourra proposer. Mais les difficultés de cette confrontation ultérieure peuvent d'ores et déjà se mesurer par la position de la lettre r dans l'alphabet (18 divisions dans le Trias gréseux).

C. — Le Salifère principal.

Il s'agit d'une formation épaisse de plusieurs centaines de mètres à la lithologie variable selon les provinces. La limite supérieure en est fixée dans tout le Sahara au mur du niveau B que tous les géologues considèrent comme une ligne-temps acceptable. Au-dessous, un autre repère d'extension quasi générale et à peu près synchrone, le repère 2 (ou ses équivalents) permet de définir un « intervalle a2 — B » partout synchrone et auquel peut donc être attribuée une désignation numérique fixe : 2.

La limite inférieure du Salifère principal ne correspond pas, quant à elle, à une ligne-temps, de sorte que la partie inférieure au repère a2 ne peut faire l'objet d'une codification alphanumérique globale. De plus, elle est souvent l'équivalent latéral de formations incluses dans le Trias gréseux. Certaines des formations constituant cette partie du Trias gréseux entrent donc dans la désignation numérique 1.

Selon la lithologie observée au-dessus des faciès gréseux s'étalent trois domaines principaux (voir tableaux numériques de corrélation géologique 1 et 1 bis).

1. — *Le domaine des évaporites infra-d2.*

Il englobe avec des variations locales l'Extrême-Sud Tunisien (sauf la région la plus méridionale : TE 1), la partie nord de la région d'Ouargla-Oued Mya et la Province Septentrionale.

Je rappelle que le repère d2 est une intercalation dolomitique ou argileuse au sein de dépôts évaporitiques ou à la base de ceux-ci.

Dans ce domaine, nous l'avons vu, trois unités lithostratigraphiques sont admises :

— les *évaporites infra-d2* codifiées 1d. Elles ont été étudiées dans les sondages Sb 1, Sn 1, Mr 1, Oa 1 bis et Li 3.

— *l'intervalle d2 — a2* (argilo-évaporitique) codifié 1e. Des échantillons en ont été analysés dans les sondages Sb 1, Mg 1, Sn 1, Mr 1, On 1, Li 3 et Sb 1.

— *l'intervalle a2 — B* constitué en particulier de sel et d'anhydrite. Il a été étudié dans les sondages At 1, Db 1, Sb 1, Mg 1, Sn 1, Mr 1, Te 1, On 1 et Pg 1. Codification : 2.

La lithologie des trois formations sera décrite en ne considérant qu'une seule fois chaque sondage.

a. — **L'Extrême Sud tunisien :**

At 1.

Intervalle a2 — B (304 m) : anhydrite massive à intercalation de marne dolomitique et d'argile.

Db 1.

Intervalle a2 — B (315 m) : sel massif et anhydrite massive avec minces intercalations de dolomies et d'argiles.

Source : MNHN, Paris

Sb 1.

Évaporites infra-d2 (18 m) : alternance d'argile brun-rouge et d'anhydrite.
Intervalle d2 — a2 (79 m) : sel massif.
Intervalle a2 — B (132 m) : alternance de sel massif et d'anhydrite avec des passées d'argile et de dolomie.

Mg 1.

Intervalle d2 — a2 (75 m) :
25 m d'argile intercalé de marnes dolomitiques.
50 m de sel massif avec des traces de charbon.
Intervalle a2 — B (121 m) : alternance de sel d'anhydrite, d'argile, de marne dolomitique et de dolomie.

Sn 1.

Évaporites infra-d2 (51 m) : argiles parfois salifères.
Intervalle d2 — a2 (158 m) : sel massif et anhydrite ; argile à la base et au sommet.
Intervalle a2 — B (152 m) : anhydrite avec intercalations d'argiles et de sel.

Mr 1.

Évaporites infra-d2 (147 m) : argile salifère, sel et anhydrite.
Intervalle d2 — a2 (159 m) : sel massif et anhydrite intercalés d'argiles à la base, de dolomie au sommet.
Intervalle a2 — B (166 m) : anhydrite intercalée de sel et de dolomie marneuse.

Te 1.

Dans ce sondage très méridional aucune division n'est possible entre l'argilo-gréseux et le niveau a2 (53 m) : argiles, anhydrite, marnes dolomitiques, codifiées 1v.
Intervalle a2 — B (156 m) : argiles, dolomies marneuses.

b. — **La région d'Ouargla — Oued Mya :**

Oa 1 bis.

Évaporites infra-d2 (88 m) : anhydrite et argile salifère.

On 1.

Intervalle d2 — a2 (582 m) : sel massif.
Intervalle a2 — B (253 m) : sel massif avec des bancs d'anhydrite fréquents au sommet.

c. — **La Province Septentrionale :**

Li 3.

Évaporites infra-d2 (78 m) : sel massif et argile.
Intervalle d2 — a2 (159 m) : sel massif.
Intervalle a2 — B (141 m) : anhydrite dominante et marne argileuse.

Pg 1.

Intervalle a2 — B (194 m) : sel massif à la base ; anhydrite massive à intercalations marneuses au-dessus.

ZB 1.

Intervalle d2 — a2 (323 m) : argile brun rouge ; sel massif au sommet.

2. — *Le domaine sans repère d2.*

Il englobe la partie méridionale de la région d'Ouargla - Oued Mya, le Gassi-Touil et le Nord de la Province Occidentale.

Source : MNHN, Paris

Au-dessous de l'intervalle a2 — B (sel et anhydrite) se trouve une formation de sel massif et de faciès associés reposant directement sur le Trias gréseux que j'ai codifiée 1 k dans le Gassi-Touil et 1 s dans la partie sud de la région d'Ouargla-Oued Mya et le Nord de la Province Occidentale.

Nous avons déjà vu que dans la partie méridionale de l'Extrême-Sud Tunisien au-dessous de l'intervalle a2 — B ne peut être reconnu qu'un ensemble allant du toit de l'Argilo-gréseux inférieur au repère a2, ensemble étudié dans le sondage Te 1 codifié 1 v.

Ab 1.

Intervalle base du sel massif — a2 (77 m) : argile gypseuse, calcaire dolomitique, argile rouge.

Gt 3.

Intervalle base du sel massif — a2 (228 m) : sel massif.
Intervalle a2 — B (252 m) : sel massif, passées d'anhydrite et d'argile.

Ar 101.

Intervalle base du sel massif — a2 (279 m) : argile rouge indurée et sel massif.
Intervalle a2 — B (138 m) : sel massif à passées d'argile, d'anhydrite et de quartzite.

Mf 101.

Intervalle base du sel massif — a2 (154 m) : argile dolomitique.
Intervalle a2 — B (217 m) : argile à la base, puis sel massif.

3. — *Les autres domaines.*

Le domaine de la dolomie d2 sans évaporite infra-d2 n'a pas été étudié dans le présent travail. Enfin, il existe un domaine particulier sans repère d2 ni repère a2, englobant la majeure partie de la Province Occidentale, et où on distingue seulement un Salifère directement transgressif sur le Paléozoïque (voir G. Busson, 1968, fig. 3).

Cette formation codifiée 1 t a été étudiée dans le sondage St 1.

St 1.

Base du sel massif — B (135 m) : argile rouge à la base ; anhydrite à intercalations marneuses au sommet.

4. — *Conclusions sur le Salifère principal.*

Le Salifère principal *s.s.* et les formations qui lui sont associées localement procèdent en gros d'un même type de sédimentation, radicalement différent de la sédimentation gréseuse, où les éléments évaporitiques d'origine océanique constituent une masse colossale mêlée cependant d'une fraction d'éléments continentaux fins. Les conditions de cette sédimentation sont largement discutées par G. Busson (1968). L'unité terminale du Salifère principal montre dans la répartition de ses composants une « ségrégation des sels dans l'ordre de solubilité croissante, en position d'éloignement également croissant par rapport à la mer ouverte ». Cette sédimentation chimique particulière serait due à un « confinement » du milieu marin sur certaines parties de la plate-forme de sédimentation. Ainsi dans la carte des constituants pétrographiques de cette unité on observe bien deux points de provenance de matériel argileux, un au Nord-Ouest et un au Sud-Est, mais les apports continentaux sont très faibles. G. Busson écrit d'ailleurs : « une aridité importante apparaît comme la condition préalable et indispensable à la réalisation de gisements évaporitiques ; ... il est certain que les grands dépôts d'évaporites ne peuvent se réaliser qu'en période de rémission d'apports détritiques ». Ce fait, joint aux conditions climatiques qu'évoque la sédimentation évaporitique, laisse *a priori* imaginer une grande pauvreté palynologique.

Je préciserai ci-dessous quelles sont les caractéristiques palynologiques de la sédimentation évaporitique et le milieu de dépôt qu'elles évoquent ; mais on voit déjà que, si on veut résoudre par

Source : MNHN, Paris

la palynologie le problème stratigraphique majeur que constitue la délimitation du Trias et du Jurassique au sein de ce Salifére principal triasique *p.p.* — liasique *p.p.*, les conditions paléogéographiques et sédimentologiques qui régnaient à cette époque laissent présager une pauvreté pollinique peu favorable.

III. — LE LIAS-DOGGER INFÉRIEUR

A. — Considérations préliminaires sur le Jurassique saharien.

La limite inférieure de l'ensemble désigné sous le nom de Jurassique par G. Busson a été conventionnellement fixée à la base du niveau B retenu pour « son extension et son synchronisme probable » et constituant « une des meilleures lignes de corrélation du Mésozoïque du Sahara algéro-tuniso-lybien ». Ce niveau B est carbonaté et parfois argileux. Toutefois, la limite qu'il détermine ne correspond pas à un changement complet de sédimentation puisque des dépôts évaporitiques se retrouvent également au-dessus. En outre, ce niveau B, nous l'avons vu, se situe non à la base du Jurassique, mais vraisemblablement dans le Lias inférieur.

La limite supérieure est placée au toit de faciès carbonatés observés dans la région centrale du Sahara ou au toit de leurs équivalents latéraux. Cette limite n'est pas un accident dans une séquence de sédimentation ; elle correspond à un changement généralisé de faciès, l'unité sus-jacente, appelée Purbecko-Wealdien, étant essentiellement argilo-gréseuse. Cette limite est assez homogène dans une très grande partie du bassin, mais elle n'est pas datée avec précision. On sait seulement que son équivalent dans la province septentrionale se situe « au sein des niveaux renfermant des microfaunes du Jurassique supérieur ».

L'ensemble désigné sous le nom de Jurassique saharien correspondrait donc en fait au Jurassique amputé de la partie inférieure du Lias et de la partie supérieure du Malm.

L'étude des affleurements mésozoïques du Sud Tunisien avait amené G. Busson (1967) à distinguer trois unités principales : le *Lias-Dogger inférieur*, le *Bathonien*, le *Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien*. De sondage en sondage, à l'aide des diagraphies, il a étendu cette délimitation à l'ensemble du Sahara algéro-tunisien, mais en plus, dans chaque intervalle, au moins deux unités parastratigraphiques ont pu être délimitées. Les formations jurassiques se répartissent donc dans six unités-temps qui ont été codifiées comme suit : 3 et 4 dans le Lias-Dogger inférieur, 5 et 6 dans le Bathonien, 7 et 8 dans le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien.

B. — Limites.

Cette formation d'importance considérable est bien définie à sa base dans la quasi totalité du Sahara par le mur du niveau B situé, nous l'avons vu, « dans la partie inférieure du Lias ».

Au toit, elle est séparée du « Bathonien » dans la majeure partie du domaine saharien étudié par un repère appelé JA et qui se situerait déjà dans le Bathonien. Dans la province septentrionale, ce niveau JA n'existe plus ; par contre, on y reconnaît un banc repére de calcaire de vaste étendue appelé J 1 (F. Coumes et A. Lhomer, 1962) ou ses équivalents latéraux. G. Busson a mis en parallèle les niveaux J 1 et JA, mais, souligne-t-il, « ce rapprochement reste dans une certaine mesure hypothétique ». Vers le Sud, la sédimentation anhydritique a été interrompue de plus en plus tôt par des apports argileux et clastiques ». L'intervalle rapprocbé du Lias-Dogger inférieur se trouve, de ce fait, de plus en plus réduit.

Nous avons vu que le niveau B est situé dans « la partie inférieure du Lias » ; le repère JA quant à lui serait déjà dans le Bathonien.

Source : MNHN, Paris

C. — Codification de la stratigraphie.

1. — *Unités principales.*

Il existe deux formations ou ensembles de formations de valeur à peu près isochrone dans le domaine saharien considéré :
— le *niveau B* lui-même codifié 3,
— l'intervalle *toit du niveau B — repère JA ou J 1*, codifié 4.

Ces désignations sont générales pour tout le Sahara, à l'exception de la Province Occidentale où le niveau B ne se distingue pas de l'ensemble Lias-Dogger inférieur qui est ici globalement codifié 3 a.

PROVINCES :			EXTRÊME SUD-TUNISIEN							
SONDAGES :			Nm 1	At 1	Db 1	Mr 1	Sn 1	Sb 1	Mg 1	Te 1
FORMATIONS		Code								
"APTIEN"		11				1		1	1	2
						153	399	634	537	697
"BARREMIEN"		10				5	4	4	4	3
						302	571	807	654	800
JURASSIQUE sup NEOCOMIEN		9				6	18	5	10	5
E8						493	792	992	822	936
CALLOVO-OXFORDIEN-KIMMERIDGIEN		7a			5	7	7	6	6	6
E6					160	724	1006	1210	1037	1140
BATHONIEN		6			3	4	3	3	4	4
					270	846	1135	1330	1128	1292
		5			5	4	4	3	4	4
					407	975	1260	1445	1284	1345
LIAS DOGGER inférieur	Anhydrite et Dolomie supérieures	4 e			3	2	2	2	2	2
					499	1044	1342	1510	1334	1403
	Salifère Liasique sup.	c			3	4	3	2	1	1
					571	1145	1438	1590	1386	1437
	Anhydrite et Dolomie inférieures	b			3	4	2	2	1	1
					678	1260	1555	1668	1442	1464
	Salifère Liasique inf.	a			2	2	2	2		
			112	60	738	1308	1608	1705	1472	1475
	HORIZON B	3			2	1		2	1	2
			125	94	755	1327	1628	1733	1499	1498

Tableau I. 2. — Lias- « Aptien ». Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages de l'Extrême-Sud tunisien Situation des séries et échantillons analysés.

Source : MNHN, Paris

2. — *Formations constituantes.*

Les tableaux numériques de corrélation géologique I. 2, I. 2 bis et I. 2 ter montrent que dans le Lias-Dogger inférieur, épaisseurs, faciès et succession de faciès ne sont pas identiques dans tout le Sahara (voir aussi tableau Jur. 1 in G. Busson 1970). Trois régions se caractérisent par une succession de termes originale ne pouvant être mise en équivalence avec celle des autres régions.

PROVINCES :		OUARGLA			GASSI TOUIL			
SONDAGES :			On 1			Ar 101	Gt 3	Mf 101
FORMATIONS		Code			Code			
"APTIEN"		11	1		11		Lacune tectonique	
			1057			1242		1378
"BARREMIEN"		10	5		10	6		6
			1221			1481		1573
JURASSIQUE sup NEOCOMIEN		9	8		9	8		10
	E8		1440			1691		1886
CALLOVO OXFORDIEN		8	4		7a	6		8
KIMMERIOGIEN		7	3					
	E6		1691			1886		2132
BATHONIEN		6	4		6	7		4
			1805			2142		2291
		5	4		5		passée	4
			1925			2142		2413
LIAS DOGGER inférieur	Anhydrite et Dolomie supérieures	f	3		f			2
			2036			2147		2476
		d	2		d	3		2
			2106			2242	981	2509
	Salifère liasique supérieur	c	3		c	3	1	1
		4	2210		4	2284	1004	2545
	Anhydrite et Dolomie inférieures	b	1		b		1	2
			2269			2319	1043	2581
	Salifère liasique inférieur	a	2		a	2	2	
			2334			2357	1100	2638
	HORIZON B	3	1		3	1	1	1
			2370			2373	1124	2660

Tableau I. 2 bis. — Lias- « Aptien ». Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages de la Province Centrale et du Gassi-Touil Situation des séries et échantillons analysés.

Dans le Gassi Touil, la région d'Ouargla-Oued Mya et l'Extrême-Sud tunisien, au-dessus du niveau B (3) se succèdent :

— *le salifère liasique inférieur* codifié 4a,

— *l'anhydrite et dolomie inférieure* codifiée 4b,

— *le salifère liasique supérieur* codifié 4c,

— *l'anhydrite et dolomie supérieure.* Cette dernière formation est désignée globalement 4e dans l'Extrême-Sud tunisien. Elle est divisée en deux parties par le *repère V* dans le Gassi-Touil et la région d'Ouargla - Oued Mya : la partie inférieure est codifiée 4d, la partie supérieure 4f.

Source : MNHN, Paris

Dans la province septentrionale les parties orientale et occidentale ne peuvent pas être mises en corrélation.

— Dans la partie orientale (ZB 1) on observe au-dessus du niveau B :

— *un salifère liasique inférieur* codifié 4g en raison de l'incertitude d'équivalence stratigraphique avec celui de la première région.

— un ensemble compréhensif *toit du salifère liasique inférieur — repère V*, codifié 1h.

— un intervalle *repère V — repère JA* codifié, comme dans la première région, 1 f.

— Dans la partie occidentale (Li 3, Pg 1), au-dessus du niveau B la succession est différente :

— un ensemble « *anhydrite* » à la base et « *carbonates sommitaux* » au sommet codifié 4i,

— une *série supérieure* conductrice codifiée 4j.

Dans la Province Occidentale, le Lias-Dogger inférieur est une formation à peu près indivisible codifiée 3a.

D. — Description lithologique.

L'épaisseur moyenne du niveau B est d'une vingtaine de mètres. Le faciès en est très carbonaté dans la partie orientale (Extrême-Sud tunisien) à très argileux dans la partie occidentale. De même,

PROVINCES :	Province Septentrionale					Province Occidentale				
SONDAGES :		ZB 1		Pg 1	Li 5		Ab 1	Dea 1	ST 1	Df 1
FORMATIONS	Code		Code			Code				
" APTIEN "	11	1	11	2	2	11		2		
		1259		1524	994			197	1570	1229
" BARREMIEN "	10	10	10	5	7					
		1596		1654	1250			10	11	12
JURASSIQUE sup NEOCOMIEN	9	9	9	10	17	9a				
E8		1870		2056	1892		867	407	2055	1700?
CALLOVO	8	4	8	5	5					
OXFOROIEN E7		2004		2173	2140		6	10	5	10
KIMMERIOGIEN	7	4	7	4	4					
E6		2104		2285	2519		1315	642	2265	2200?
	6	2	6	↑	2					
BATHONIEN		2179		6	2556	5a	6	4	5	
	5		5	↓	5					
J			J	2508	2500		1685	704	2500	
LIAS DOGGER inférieur — Série sup conductrice	4J			3	4					
				2650	2627					
Carbonates sommitaux					↑		8			
	4I			3	4	5a		8	1	
Anhydrite					4h					
				2722						
HORIZON B	3			1	1					
				2744	2720		2106	805	2561	

Tableau I. 2 ter. — Lias- « Aptien ». Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages des Provinces Septentrionale et Occidentale Situation des séries et échantillons étudiés.

Source : MNHN, Paris

si les faciès du Nord sont dans l'ensemble très carbonatés, le sel devient un constituant d'importance dans les régions médianes et centrales.

Il s'agit d'un horizon considéré comme synchrone en tous ses points et cependant nulle part daté par la paléontologie ni la micropaléontologie. Seule une similitude de microfaciès avec le Sinémurien de la Tunisie atlasique est depuis longtemps signalée. Des échantillons en provenance des sondages At 1, Db 1, Sb 1, Mg 1, Te 1, Mf 101, Ar 101, On 1, Pg 1, Li 3 ont été analysés. On dispose donc d'une maille assez largement répartie.

Dans l'intervalle toit du niveau B — repère JA (ou J 1) l'anhydrite est présente dans la plus grande partie du domaine sabarien étudié. Elle est associée dans une proportion plus ou moins importante soit à des faciès argilo-carbonatés soit au sel. Très schématiquement G. Busson distingue deux domaines principaux :

— le domaine où les faciès argilo-carbonatés dominent sur l'anhydrite,

— le domaine des faciès évaporitiques généralisés comprenant trois sous-domaines :

  — l'anhydritique,

  — le salifère et anhydritique,

  — l'argilo-anhydritique.

1. — *La Province Septentrionale.*

a. — **La partie septentrionale** se rattache au domaine où les faciès argilo-carbonatés prédominent sur l'anhydrite. Dans cette région se succèdent :

— la série inférieure comprenant :

  • l'horizon B,

  • une masse d'anhydrite supposant un milieu de plate-forme marine confiné

  • les carbonates sommitaux, ensemble de calcaires et calcaires dolomitiques de faciès franchement marin avec présence d'Ostracodes, de Foraminifères (Arénacés, Valvulinidés, Endothyridés), d'Algues (Solenoporacées), de Polypiers, de Serpules, de Bryozoaires.

— la série supérieure conductrice, ensemble argileux et calcaire marneux, dépassant la centaine de mètres, de faciès marin franc avec débris d'Échinodermes, de Mollusques, Foraminifères, Algues (*Cayeuxia liasica*), Polypiers, Bryozoaires.

Cet ensemble Lias-Dogger inférieur est limité au toit par le niveau J 1. Les deux séries ont été étudiées dans les sondages Pg 1 et Li 3.

Pg 1.

— Niveau B (22 m) : calcaire marneux et calcaire dolomitique ;
— 68 m d'anhydrite intercalée de calcaire, de marne et d'argile ;
— 25 m de calcaire marneux ou dolomitique ;
— Série supérieure conductrice (122 m) : calcaire argileux ou cristallin intercalé de marnes.

Li 3.

— 93 m de calcaire et de marnes dolomitiques intercalés de banc d'anhydrite ;
— série supérieure conductrice (127 m) : alternance d'argile silteuse, de marne, de marne dolomitique et de calcaire dolomitique ou marneux.

b. — **La partie orientale** est englobée dans le domaine des faciès évaporitiques généralisés, sous-domaine anhydritique. Elle n'a pas été étudiée dans le présent travail.

2. — *L'Extrême Sud tunisien, la région d'Ouargla-Oued Mya et le Gassi-Touil.*

Nous avons vu que ces trois provinces font partie, pour le Lias-Dogger inférieur, du sous-domaine salifère et anhydritique (voir Planche II hors-texte, G. Busson 1968 et la fig. Jurassique 2, G. Busson 1970). Compte tenu de la similitude des successions lithologiques et de la monotonie des faciès, la des-

Source : MNHN, Paris

cription des diverses formations communes à ces provinces est faite globalement ci-après (pour les épaisseurs voir les tableaux I. 2 et I. 2 bis).

L'horizon B a été bien étudié dans ces trois provinces et particulièrement dans l'Extrême-Sud tunisien où il est uniquement carbonaté : alternance de calcaires oolithiques (ou à oolithes d'argile) microcristallins avec des passées marneuses ou argileuses.

Le Salifère liasique inférieur est l'épisode salifère du Lias le plus important par l'extension géographique et la forte prédominance du sel gemme : sel gemme avec des intercalations d'argiles brun-rouge ou beiges, souvent salifères, parfois anhydritiques ou dolomitiques. Dans l'Extrême-Sud tunisien, toutefois, ce sont les argiles brun-rouge salifères qui constituent l'élément dominant, intercalées d'anbydrite et de marnes dolomitiques ; « une fraction gréseuse existerait même à Db 1 » écrit G. Busson. La présence d'éléments terrigènes dans ces niveaux mérite d'être notée en raison de leur rareté générale et de l'intérêt palynologique.

L'anhydrite et la dolomie inférieures constituent une formation aux alternances monotones où les deux types de dépôts ne peuvent pas être séparés.

Dans le Salifère liasique supérieur le sel gemme est moins important que dans le Salifère liasique inférieur ; ce sont les bancs anhydritiques qui dominent.

Enfin l'anhydrite et la dolomie supérieures se présentent comme une suite d'alternances où l'anhydrite reste prédominante. A noter qu'au-dessus, dans les séries jurassiques, celle-ci ne sera plus représentée qu'en bancs sporadiques.

3. — *La Province Occidentale.*

Le Lias-Dogger inférieur y a été étudié dans trois sondages ST 1, Dea 1 et Ab 1.

Les régions centrale (Dea 1) et méridionale (ST 1) font partie du sous-domaine argilo-anbydritique. Du Nord-Est au Sud et Sud-Ouest, on observe un enrichissement en argiles aux dépens de l'anhydrite. La série où des divisions ne peuvent être considérées est qualifiée par G. Busson de « lagunaire ».

Dea 1.

Lias-Dogger inférieur (100 m) : alternance d'anhydrite, de marne, d'argile dolomitique et de dolomie plus ou moins argileuse.

St 1.

Lias-Dogger inférieur (61 m) : argile rouge ou verte, marne dolomitique et passées d'anhydrite.

La région septentrionale (Ab 1) fait partie du domaine le plus carbonaté, domaine occupant toute la région du Bordj-Nili et d'Hassi Rmel. C'est dans cette région que se définit le mieux le niveau J 1 daté du Bajocien-Bathonien ou Bathonien inférieur par une faune de Brachiopodes et de Lamellibranches. Dans le présent travail, le Lias-Dogger inférieur du sondage Ab 1 est considéré sans divisions.

Ab 1.

Lias-Dogger inférieur (331 m) :
- — 86 m d'alternance d'argile brun-rouge, de marne et d'anhydrite blanche.
- — 160 m d'alternance de marne, de marno-calcaire et de calcaire brun-rouge.
- — 95 m d'alternance de calcaire, calcaire marneux et d'argile verte ou grise.

E. — Conclusions.

L'épaisse formation saharienne du Lias-Dogger inférieur est composée de séries de faciès et d'épaisseur très variables mais sa valeur stratigraphique globale est à peu près constante. Son dépôt est dû à une sédimentation principalement océanique de type marin confiné à marin franc. La com-

Source : MNHN, Paris

plexité et la disposition des faciès y aurait été déterminée par le jeu des ségrégations des sels selon que la région était plus ou moins proche du domaine de la mer ouverte. Dans la partie Sud-Ouest, toutefois, il s'agirait de faciès franchement lagunaires.

Le palynologue notera deux éléments défavorables à l'efficacité de son étude, éléments déjà observés dans le Salifère principal et liés à la sédimentation évaporitique : un climat aride et l'extrême faiblesse des apports terrigènes. Quant aux problèmes stratigraphiques ils seront globalement considérés plus loin.

IV. — LE « BATHONIEN »

A. — Limites et conification.

C'est l'intervalle compris entre, à la base, les repères J 1 ou J A déjà définis et, au sommet, le mur d'un banc calcaire constituant le *repère E 6 ou ses équivalents*. Ce banc calcaire serait encore inclus dans le Bathonien supérieur et nous avons vu que le Lias-Dogger inférieur sous-jacent comprenait au sommet une partie de Batbonien inférieur. Le « Bathonien » dont il sera question est donc en fait un Bathonien *p.p.*

Il s'individualise bien, dans toutes les régions sahariennes étudiées, car il correspond à une sédimentation particulière entre des séries encaissantes de faciès différents, sédimentation qui se caractérise par :

1. — la disparition des dépôts anhydritiques,
2. — l'importance des dépôts argileux,
3. — l'apparition des sédiments clastiques.

Sauf dans la Province Occidentale, G. Busson distingue une *unité inférieure résistante* et une *unité supérieure conductrice*. Elles ont été partout respectivement codifiées 5 et 6. Dans la Province Occidentale où cette division n'est pas observable, le « Batbonien » a été codifié 5a.

B. — La lithologie.

1. — *La Province Septentrionale.*

Elle n'a été étudiée que dans la partie occidentale (Li 3 et Pg 1) où le Bathonien se caractérise par l'absence quasi complète d'anhydrite et une grande teneur en carbonates.

Tandis que dans la région de Li 3, l'unité inférieure argilo-gréseuse se différencie bien de l'unité supérieure carbonatée, dans la région de Pg 1 cette distinction n'est pas aisée dans la série essentiellement calcaire pour cela globalement codifiée 5 a. Dans l'ensemble, il s'agit de faciès marins francs et peu profonds.

Li 3.

Unité inférieure (144 m) : argiles et marnes dolomitiques ou sableuses avec des intercalations de grès calcaires et de calcaires gréseux. Cet ensemble est conducteur.

Unité supérieure (37 m) : calcaire microgravelеux, calcaires à grandes oolithes centrées sur de petits gastéropodes ou sur des grains de quartz, avec des Ostracodes, des Algues, des débris de Mollusques et d'Échinodermes, alternant avec des argiles.

Au sommet, alternance de calcaires et d'argiles gris-vert souvent sableuses.

PG 1.

Bathonien indivisé (225 m) :

— 31 m de marne grise à gris-vert à intercalation de calcaire oolithique.

Source : MNHN, Paris

— 162 m de calcaire détritique gris, parfois oolithique, gréseux ou argileux avec rares intercalations de marnes grises ou de grès fin et traces de pyrite.
— 33 m de marne grise à intercalation de calcaire et au sommet de grès fin.

2. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

Je n'ai analysé que le sondage On 1 situé dans la partie orientale, c'est-à-dire dans le domaine à forte proportion anhydritique. Dans cette région l'unité inférieure résistante présente une alternance d'anhydrite avec des dolomies, des dolomies argileuses, des calcaires et des argiles bariolées ou gris-vert ; l'unité supérieure conductrice présente des argiles dominantes alternant avec des marnes et des pélites beiges.

ON 1.

Série inférieure résistante (120 m) : anhydrite dominante avec des alternances de dolomies souvent argileuses, de calcaires argileux, d'argiles bariolées gris-vert.
Série supérieure conductrice (114 m) : argiles versicolores dominantes alternant avec des marnes parfois dolomitiques et de minces passées de pélites beiges.

3. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Cette province fait partie du vaste domaine saharien où l'anhydrite est en proportion forte ; toutefois une variation progressive sensible s'observe depuis le Nord aux faciès marins fréquents vers le Sud où les apports terrigènes sont plus importants.

Dans la partie méridionale le Bathonien a été analysé dans les sondages Te 1 et Mg 1.

Te 1.

Série inférieure (53 m) : alternance de marnes grises, blanchâtres ou rouges, parfois dolomitiques, d'argiles vertes feuilletées, de dolomies et dolomies calcaires (pratiquement pas d'anbydrite).
Série supérieure (152 m) : alternance d'argiles versicolores, plus ou moins silteuses, et de grès fins à ciment dolomitique ou argileux, parfois très glauconieux.

Mg 1.

Série inférieure (156 m) : alternance de bancs d'anhydrite massive, de dolomie silteuse, de calcaires dolomitiques, marnes dolomitiques et argiles vertes (Ostracodes, radioles d'Oursins, débris de Gastéropodes).
Série supérieure (191 m) : argiles grises, gris-verdâtres ou rouges, avec intercalations de grès fins ou moyens et, à la partie supérieure, de sables grossiers (pyrite et niveaux à Bryozoaires).

Plus au Nord (Dahar méridional) le « Bathonien » a été étudié dans les sondages Sb 1, Sn 1, Mr 1 et Db 1.

Sb 1.

Série inférieure (115 m) : anhydrite blanche à minces intercalations d'argiles versicolores et de dolomie à la partie inférieure ; à la partie supérieure, les intercalations d'argiles bariolées, plus ou moins gréseuses, contenant du charbon, des dolomies et des grès fins sont plus importantes.
Série supérieure (120 m) : alternance de grès dominants, fins à grossiers, parfois pyriteux ou charbonneux et d'argiles versicolores, parfois pélitiques ou charbonneuses.

Sn 1.

Série inférieure (125 m) : argiles vertes et anbydrite dominantes, fines passées de dolomie.
Série supérieure (129 m) : argiles brun-rouge, vertes ou bariolées avec une intercalation de grès blanc.

Mr 1.

Série inférieure (129 m) :
— 35 m de série argilo-anbydritique : argiles versicolores à intercalations de dolomie parfois pyriteuse et de marnes dolomitiques ; bancs d'anhydrite.

Source : MNHN, Paris

— 47 m de dolomies ou dolomies microcristallines intercalées de minces passées d'argile ou de grès et de quelques bancs d'anhydrite.
— 37 m d'argiles plus ou moins gréseuses avec des niveaux de dolomies.

Série supérieure (122 m) : argiles très largement dominantes, vertes, rouges, bariolées, souvent silteuses, avec pyrite et débris de charbon ; quelques niveaux de grès très fins et de dolomie gréseuse.
Dans tout le « Bathonien » de ce sondage, Ostracodes, Gastéropodes et dents de poissons sont signalés.

Db 1.

Série inférieure (137 m) :
— 75 m d'anhydrite avec des intercalations de calcaire dolomitique, de marne dolomitique, de dolomie et d'argiles versicolores ; radioles d'Oursins et Ostracodes.
— 62 m d'argiles souvent dolomitiques, parfois gréseuses, avec quelques bancs d'anhydrite.

Série supérieure (110 m) : argiles versicolores le plus souvent gréseuses et grés fins.

En conclusion le « Bathonien » de l'Extrême-Sud tunisien est assez hétérogène puisqu'alternent (dans la série inférieure surtout) des dépôts marins et des dépôts où les apports continentaux sont importants. Ces derniers sont-ils marins ou continentaux ? Le « Bathonien » de tout le Sahara, et en particulier celui de l'Extrême-Sud tunisien, serait l'équivalent probable des *calcaires de Krachoua* (pour la série inférieure) et des *argiles et grés de Techout* (pour la série supérieure) affleurant dans la région de Foum-Tatahouine (G. Busson 1967, 1970). Pour les calcaires de Krachoua « les formes... établissent le caractère marin au moins de certains bancs de cette série » tandis que les argiles et grès de Techout sont constitués d'une alternance de niveaux marins francs (calcaires à Rhynchonelles, Trigonies, Isognomons), de niveaux lagunaires et de niveaux à influence continentale (grès à feuillets de dépôt obliques avec débris de bois). G. Busson souligne « combien l'épithète de deltaïque appliqué à cette série soulève de problèmes et suggère d'objections, tout en restant néanmoins le moins mauvais ». Nous verrons tout ce que la palynologie peut apporter dans la connaissance du milieu de sédimentation de ces dépôts hétérogènes.

4. — *Le Gassi-Touil.*

Cette province fait partie du domaine méridional argilo-gréseux où le milieu marin franc n'existe pas. Entre le Nord et le Sud de cette province la lithologie est différente ; les faciès du Bathonien dans les deux sondages analysés, Ar 101 et Mf 101, sont assez caractéristiques de chacune des régions.

Ar 101.

Équivalent de la série inférieure ? (142) m : un banc d'anhydrite blanche friable à dure.
Équivalent de la série supérieure ? (256 m) :
— 122 m : argiles dolomitiques et carbonates dominants.
— 134 m : alternance d'argiles rouges, grises, gris-vert, pélitiques ou anhydritiques avec de fines passées marneuses ou de grès.

Mf 101.

Équivalent de la série inférieure ? (122 m) : argiles gréseuses et bancs de gypse et anhydrite.
Équivalent de la série supérieure ? (159 m) : argile gréseuse alternant avec des grès et des bancs de gypse et d'anhydrite.

5. — *La Province Occidentale.*

La région septentrionale se caractérise par une grande teneur en carbonate et l'absence d'anhydrite.

L'unité inférieure plus calcaire et l'unité supérieure plus gréseuse ne déterminent pas des différences de résistivité notables, de sorte qu'elles sont englobées dans la même codification alphanumérique 7 a.

Source : MNHN, Paris

Ab 1.

Unité inférieure (225 m) : alternance (1) de calcaires à oolithes ou fausses oolithes, souvent dolomitiques avec des débris d'Échinodermes, de Mollusques, de Lamellibranches, des Miliolidés, des Arénacés, des Lagénidés, (2) de calcaires et dolomies plus ou moins gréseuses, (3) d'argiles grises ou rouges, parfois sableuses.

Unité supérieure (145 m) : alternance d'argiles grises, rouges ou vertes dominantes souvent silteuses et de grès fins à ciment argileux ou calcaire avec pyrite et lignite ; débris de Lamellibranches, de Mollusques, entroques, Arénacés ; à la partie inférieure des dolomies gréseuses.

Il s'agit donc de dépôts marins avec des apports détritiques principalement dans l'unité supérieure.

Dans les régions médiane et méridionale, schématiquement le « Bathonien » se compose d'une série argileuse surmontée de grès en continuité avec ceux de l'unité sus-jacente, le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien, grès au sein desquels le repère E 6 est imprécis.

Dea 1.

62 m d'argile brun-rouge ou gris-vert avec des traces de sable.

ST 1.

235 m d'argiles gréseuses rouges, brun-rouge ou versicolores, alternant avec des grès.

6. — *Le Tinrhert.*

Le « Bathonien » n'y constitue pas une unité nettement individualisée. Il se situerait dans la partie terminale du *Zarzaïtine supérieur*. Le seul échantillon analysé a livré une microflore très riche. S'agissant d'un cutting dont la profondeur indiquée (465 m) est très proche de la base du Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien (461 m) il n'a été affecté dans aucune désignation alphanumérique. L'analyse de son contenu sera d'un grand intérêt stratigraphique malgré tout.

C. — Conclusion.

Le « Bathonien » saharien est dans l'ensemble une formation individualisable et datée avec une relative certitude, excepté peut-être dans les régions méridionales où le niveau repère E6, limite supérieure, « *monte* dans la série du fait d'une apparition plus tardive des grès calloviens... » La signification fondamentale de cette formation est un changement, par rapport au Dogger-inférieur, des conditions sédimentologiques et paléogéographiques : milieu marin confiné moins fréquent, climatologie différente occasionnant des apports argileux et clastiques laissant espérer une grande richesse palynologique.

V. — LE CALLOVO-OXFORDIEN-KIMMERIDGIEN

A. — Limites et codification.

Cet intervalle carbonaté est parfaitement défini dans la région centrale du Sahara algéro-tunisien, mais dans la plupart des provinces son individualité sur les diagraphies est très nette : il s'agit d'une zone résistante entre les formations encaissantes plus ou moins argileuses du « Bathonien » et du « Jurassique supérieur — Néocomien ». Il est limité à la base par le repère E 6 déjà défini et au sommet par le repère E 8 dont la nature lithologique varie selon les provinces. Cet intervalle délimité dans

Source : MNHN, Paris

les sondages sahariens serait l'équivalent des affleurements de Tazerdunet (région de Foum-Tatabouine) qui ont été datés pour la plus grande partie du Callovien *p.p. max.* — Oxfordien *p.p. min.* (G. Busson 1967) les derniers mètres de carbonates de cette série affleurante représentant probablement du Kimmeridgien.

Dans la Province Septentrionale très carbonatée et la région d'Ouargla-Oued Mya aux influences continentales accusées, la base d'une importante passée calcaire au sein des séries constitue un repère à peu près isochrone. Les séries sous et sus-jacentes à ce *repère E 7* ont été codifiées 7 et 8.

Dans l'Extrême-Sud Tunisien (fortes influences continentales), ainsi qu'au Sud d'une ligne allant approximativement de Ghardaia à Rhadamès, domaine très peu carbonaté (Province Occidentale, partie sud de la région d'Ouargla-Oued Mya, Gassi-Touil et Tinrhert), l'intervalle E 6 — E 8 est indivisible ; il a été codifié 7 a globalement.

B. — La lithologie.

1. — *La Province Septentrionale.*

L'ensemble Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien s'individualise mal dans les nombreuses passées carbonatées qui se succèdent du Jurassique moyen au Crétacé.

Dans la partie orientale le repère E 7 est très approximatif.

ZB 1.

Intervalle E 6 — E 7 (100 m) : calcaires crayeux, zoogènes, argileux, dolomitiques, oolithiques ou pseudoolithiques, intercalés de quelques argiles grises et de grès fins souvent micacés. Dans le sondage Hn 1 la base de l'intervalle a livré *Meyendorfina bathonica* Aurouze-Bizon qui serait connue dans la zone à *Clydonoceras discus* du Bathonien supérieur d'Aquitaine.

Intervalle E 7 — E 8 (134 m) :

— le banc carbonaté E 7 (14 m).

— 70 m : série argilo-gréseuse à passées carbonatées contenant la riche faune citée ci-dessus et *Valvulinella jurassica*, des traces de pyrite et de lignite.

— 60 m : dolomies, calcaires crayeux à Spongiaires et Polypiers.

Dans la partie centrale le repère E 7 est bien défini.

Pg 1.

Intervalle E 6 — E 7 (110 m) :

— 76 m : calcaire détritique à débris organiques, parfois argileux ou oolithiques avec intercalations de marnes grises parfois sableuses.

— 34 m : grès argileux avec à la base et au sommet des passées d'argile grise ou brun-rouge.

Intervalle E 7 — E 8 (137 m) : calcaires détritiques organogènes dominants, parfois gréseux ou argileux, avec, intercalés, des marnes grises et trois bancs de grès blanc.

La partie occidentale enfin montre des influences continentales nettes.

Li 3.

Intervalle E 6 — E 7 (179 m) : carbonates divers nettement dominants sur les passées argileuses et gréseuses et contenant des Échinodermes, des Spongiaires, des Lamellibranches, des Trocholines « coniques ».

Intervalle E 7 — E 8 (248 m) :

— banc carbonaté E 7 très organogène (20 m).

— une série où alternent des argiles, souvent dolomitiques, des marnes, des grès fins à ciment calcaire.

— une série de marnes calcaires à intercalations d'argiles et de grès fins, quelques lignites.

Source : MNHN, Paris

En résumé, malgré la présence de grès et de lignite, le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien de la Province Septentrionale présente des faciès marins francs néritiques où se fait sentir l'influence d'apports continentaux. Si l'on en juge par la présence d'Ostracodes, à la fin de cette période régnait un milieu marin dessalé.

2. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

L'unité globale se différencie nettement mais le repère E 7 est irrégulièrement définissable ; les ensembles stratigraphiques 7 et 8 ont cependant été distingués dans la région d'Ouargla.

On 1.

Intervalle E 6 — E 7 (97 m) : alternance d'argiles, de calcaires et de calcaires argileux (surtout à la base = E 7 ?).

Dans l'intervalle E 7 — E 8 (154 m) se succèdent :

— un banc calcaire résistant.
— une série plus argileuse à passées sableuses et anhydritiques et lignites.
— une alternance de dolomies et calcaires.
— des argiles plus ou moins anhydritiques ou sableuses avec des calcaires marneux.
— une série de calcaires marneux ou dolomitiques, de dolomies argileuses et de passées anhydritiques.

On note la présence de pyrite et de lignite dans toutes ces séries.

3. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Les régions Nord et Sud montrent une succession litbologique identique mais des faciès différents.

Sur la bordure du Dahar (région Nord) la formation a été étudiée dans les sondages Db 1, Mr 1, Sn 1 et Sb 1 dans lesquels se succèdent trois unités communes :

— une unité inférieure carbonatée mince (dolomies cristallines ou finement gréseuses) intercalées de grès fins et d'argiles bariolées, avec des lignites et des niveaux à Characées ou à Ostracodes,
— des argiles,
— quelques bancs d'anhydrite (E 8).

Db 1.

10 m d'argile et de dolomies gréseuses.
150 m d'une alternance d'argiles rouges, jaunes, grises, vertes et de grès fins calcaires, dolomitiques, argileux ou pyriteux, de grès moyens ; quelques passées de dolomie ; nombreux bancs de charbon et présence d'Ostracodes dans toute la série.

Mr 1.

25 m de dolomie pseudo-oolithique, microcristalline ou marneuse et d'argile gris-vert silto-gréseuse.
190 m d'alternance d'argiles grises, vertes, brunes ou rouges, silto-gréseuses, de marnes dolomitiques, de dolomies calcaires et gréseuses.
18 m de dolomies, de dolomies argileuses et d'anbydrite.

Sn 1.

26 m de dolomie, d'argile et de grès fin ; oogones de Characées.
174 m d'argiles gris-vert silteuses avec intercalations de grès fins à moyens, de dolomies cristallines ; Ostracodes.
14 m d'anhydrite intercalée de dolomie marneuse.

Sb 1.

L'unité inférieure carbonatée n'est pas individualisée.
168 m : alternance d'argiles versicolores et de grès fins blancs parfois pyriteux ou dolomitiques ; quelques

Source : MNHN, Paris

passées de dolomie crypto et microcristalline. Un banc d'anhydrite à la base et un au milieu ; minces bancs de charbon.

50 m : anhydrite blanche intercalée de dolomie marneuse ou gréseuse, d'argile gréseuse et de grès très fins.

Dans la partie méridionale on observe en gros la même triade, c'est-à-dire :

— une unité inférieure carbonatée,

— des argiles contenant ici des passées détritiques grossières et des lignites,

— des bancs de dolomie au lieu de l'anhydrite terminale des séries du Nord.

Il s'agit donc pour les deux termes supérieurs de faciès plus « continentaux ».

Mg 1.

30 m : argile grise et dolomie marneuse.

95 m : sables blancs grossiers avec des passées d'argiles et de marnes dolomitiques.

90 m : argiles vertes ou gris-brun parfois silteuses alternant avec des dolomies marneuses, des marnes dolomitiques, des sables grossiers ; présence de pyrite ; cette série a fourni des Ostracodes et des débris de Gastéropodes.

Te 1.

L'unité inférieure carbonatée n'existe pas.

168 m : argiles grises, vertes ou rouges, parfois argileuses ou gréseuses, nettement dominantes, alternant avec des grès fins ou des sables grossiers plus ou moins dolomitiques et quelques minces passées de dolomies marneuses et de lignite.

36 m : dolomies marneuses ou gréseuses avec des intercalations argileuses plus ou moins gréseuses également.

En résumé, les conditions de sédimentations du Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien dan l'Extrême-Sud tunisien apparaissent propices à une étude palynologique complète, c'est-à-dire des spores et des pollens, aussi bien que du microplancton organique. « Il semble, écrit G. Busson, qu'on arrive là sur la bordure de la plate-forme saharienne, caractérisée par une sédimentation largement influencée par les apports continentaux, et aux confins du domaine mésogéen franchement marin ». En outre, la datation stratigraphique est exceptionnellement précise pour une série du Mésozoïque saharien. En effet, l'intervalle E 6 — E 8 est considéré comme équivalent de la série affleurante de Tazerdunet dont la partie fossilifère est située entre le Callovien *p.p. max.* et l'Oxfordien *p.p. min.* Cette datation s'appuie sur la faune de Céphalopodes suivante :

Peltoceras sp. aff. trifidium Quensted,

Pseudopeltoceras sp. aff. retrorsum Spath,

Erymnoceras (*E. philbyi* Arkell ?),

Ochetoceras sp.,

Paranoceras aff. kumagunevise Waagen,

Paranoceras calloviense Oppel,

Pachyceras cf. coronatum.

4. — *La Province Occidentale.*

Entre la région Nord (plateau des Daias : Ab 1), la région médiane (Est du Grand Erg occidental : Dea 1) et la région Sud (Sud-Est du Grand Erg oriental : ST 1, Df 1) s'observent des variations lithologiques que la description des faciès des quatre sondages étudiés fait apparaître. D'une manière générale le repérage et la délimitation du Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien sont assez incertains dans toutes ces régions.

Ab 1.

448 m : série très épaisse essentiellement argileuse. Argiles très largement dominantes, grises, rouges, vertes, versicolores, souvent silteuses, alternant avec de rares bancs de grès fins et deux niveaux de dolomie

Source : MNHN, Paris

cristalline, un de 30 m environ à la base, l'autre de 18 m dans la partie médiane ; deux niveaux dolomitiques minces terminent la série.

Dea 1.

235 m : sables fins plus ou moins argileux et grès argilo-calcaires avec des passées d'argile brun-rouge ou vertes ; traces de charbon.

ST 1.

212 m : argiles grises, brunes, pélitiques ou sableuses et grés fins à passées ligniteuses ou charbonneuses.

Df 1.

500 m : grès fins à grossiers et graviers plus ou moins argileux et argiles silteuses ; des passées à forte teneur de pyrite.

5. — *Le Gassi-Touil.*

Il fait partie du domaine méridional à très faible proportion de carbonates où le niveau E 7 n'est pas identifiable. L'intervalle E 6 — E 8 est là aussi désigné 7 a. Une érosion ante-albienne a ôté une partie ou la totalité de l'intervalle E 6 — E 8 (Gt 3).

Dans cette province, on observe la succession suivante :

— un calcaire basal, plus ou moins gréseux et argileux,

— une zone argilo-gréseuse,

— une passée carbonatée à ostracodes et oogones de Characées,

— du lignite dans toutes ces zones,

— une passée sommitale carbonatée (Ar 101) ou anhydritique (Mf 101).

Ar 101.

4 m de dolomie marneuse.
155 m d'argile gris-vert ou brun-rouge à passées de grès et de marnes dolomitiques.
36 m de dolomie et dolomie calcaire et d'argiles.

Mf 101.

— après 20 m de grès fin, 25 m de calcaire dolomitique et de marne dolomitique sableuse.
— 135 m de grès argileux fins et argiles sableuses avec quelques bancs d'anhydrite et une passée de lignite ; un banc d'anhydrite au sommet.
— 83 m : argiles grises ou brun-rouge et grès fins avec un niveau de calcaire dolomitique.

6. — *Le Tinrhert.*

Le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien débuterait à la base de la série dite « *Taouratine inférieur* », série comprenant également le Jurassique supérieur-Néocomien et le Barrémien, mais sa limite supérieure n'est pas située. Une dizaine d'échantillons ont été analysés dans le Taouratine inférieur du sondage Ot 105 épais de 171 m, mais il n'a pas semblé intéressant de codifier cette série trop compréhensive.

D. — Conclusions.

L'intervalle désigné Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien est d'une importance méthodologique capitale pour l'étude palynologique du Mésozoïque saharien en général et, ceci, de deux points de vue.

D'une part il s'agit d'un des rares intervalles datés avec précision, au moins pour une partie, par les Ammonites : ce repère stratigraphique sera précieux pour caler l'échelle palynologique de référence établie dans les séries de l'Extrême-Sud Tunisien.

Source : MNHN, Paris

Ensuite la nature des milieux est, dans cet intervalle bien mieux que dans les autres, évoquée par des faciès et une faune ou une microfaune caractéristiques. La présence de Céphalopodes et de Foraminiféres pélagiques atteste un milieu marin franc dans la Province Septentrionale et le Nord de l'Extrême-Sud tunisien. Si dans la Province Centrale et la région d'Ouargla-Oued Mya le milieu de dépôt est plus mal défini, G. Busson écrit à propos de celui qui régnait au Sud de la ligne Ghardaïa-Rhadamès : « l'absence de faune marine, à peu près généralisée dans ces provinces, l'abondance des débris végétaux et des couches ligniteuses incitent à voir dans ce Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien une série à tendance continentale bien que déposée sous une certaine tranche d'eau ». Il sera très intéressant de rechercher dans cet intervalle les relations entre le milieu de dépôt et la composition du contenu palynologique des roches.

VI. — LE JURASSIQUE SUPÉRIEUR ET LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR

A. — Limites et codification.

C'est dans la région centrale du Sahara que cet ensemble essentiellement détritique est le plus nettement individualisé entre le Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien *p.p. min.* sous-jacent et la barre aptienne carbonatée.

Dans la Province Septentrionale, la région d'Ouargla-Oued Mya, l'Extrême-Sud tunisien et le Gassi-Touil, une série inférieure argilo-gréseuse rapportée au *Jurassique supérieur - Néocomien* est surmontée d'une série de sables et de grès attribués plus ou moins dubitativement au « *Barrémien* ». La codification numérique est 9 pour la première et 10 pour la seconde.

Dans la Province Occidentale et le Tinrhert (c'est-à-dire au Sud d'une ligne allant schématiquement de la région de Tadjerouna à la partie centre-occidentale du Gassi-Touil, s'infléchissant vers le Sud, puis reprenant une direction Ouest-Est dans la partie Nord du Tinrhert) le mur des grès grossiers descend de plus en plus dans la série de sorte que la limite de faciès n'est plus une ligne-temps admissible ; le *Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur y sont indifférentiables* et globalement désignés par 9 a.

Ces deux domaines seront décrits successivement et dans le premier nous verrons d'abord le Jurassique supérieur - Néocomien, puis le « Barrémien ».

B. — Le Jurassique supérieur - Néocomien.

1. — *La Province Septentrionale.*

Elle a été le siège d'une subsidence exceptionnellement importante où la sédimentation, carbonatée au début, a fait place à une sédimentation argilo-détritique et lagunaire par la suite.

On y distingue une *unité inférieure conductrice* et une *unité supérieure résistante.* Elles ont été étudiées dans les sondages Li 3, Pg 1 et Zb 1.

Li 3.

Unité inférieure (?) :

— 55 m de calcaires et marno-calcaires à Valvulinelles (*Pseudocyclammina jaccardi*).

— zone dite « lagunaire inférieur » :

- 191 m de série argilo-gréseuse,
- 192 m de marnes à passées calcaires et bancs d'anhydrite avec ostracodes lisses et ornés, mais sans faune marine franche.

Unité supérieure (?) :

— 148 m : un « ensemble calcaire », plus ou moins oolithique avec des ostracodes lisses et ornés et une faune franchement marine (*Pseudocyclammina jaccardi* et *Pseudocyclammina virgulina*).

— 56 m : un « lagunaire supérieur » où alternent argiles, anhydrite et dolomie.

Source : MNHN, Paris

Pg 1.

Unité inférieure conductrice :

108 m d'argiles plus ou moins pélitiques ou sableuses alternant avec des grès fins et quelques bancs de marne, de calcaire et d'anhydrite.

134 m de marnes et de marno-calcaires.

Unité supérieure résistante :

140 m de calcaire oolithique plus ou moins gréseux et de marnes gréseuses anhydritiques.

Zb 1.

Unité inférieure conductrice :

195 m d'argiles grises, vertes ou rouges, parfois anhydritiques, intercalées de bancs de dolomies, de grès fins, d'anhydrite, avec présence de pyrite et de débris ligniteux.

Unité supérieure résistante :

91 m d'anhydrite massive intercalée d'argiles puis de dolomies et de calcaires.

2. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

Dans cette province (et aussi dans le Gassi-Touil et l'Extrême-Sud Tunisien) le Jurassique supérieur - Néocomien se termine généralement par une série argileuse dite « *argiles vertes* » dont le toit constitue un repère très étendu. Dans l'ensemble, l'unité y est constituée de dépôts continentaux largement dominants et intercalés de minces niveaux marins.

Les cinq termes habituels de la région d'Ouargla-Oued Mya sont retrouvés dans le seul sondage analysé, On 1.

On 1.

Jurassique supérieur - Néocomien (219 m) :

— argiles inférieures dolomitiques ou marneuses,
— « grès moyens », fins argileux ou micacés avec intercalations d'argiles et d'anhydrite,
— « argiles intermédiaires bariolées », souvent sableuses, intercalées de dolomies et calcaires.
— « grès supérieurs » minces,
— « argiles sommitales » : argiles et marnes dolomitiques.

3. — *Le Gassi-Touil.*

L'érosion ante-albienne a peut-être affecté une partie des sédiments Jurassique supérieur - Néocomien des deux puits analysés, Ar 101 et Mf 101. Il s'agit déjà de séries à caractère nettement « continental », les apports détritiques venant du Sud.

Ar 101.

210 m : argiles gris-vert à brun-rouge souvent silteuses dominant sur des sables et grès argileux ; présence de lignite et de pyrites ; argiles vertes à la partie supérieure.

Mf 101.

293 m : sables et grès argileux largement dominants sur les argiles ; argiles vertes au sommet.

4. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Cette province est extrêmement importante pour la reconnaissance palynologique précise du Jurassique supérieur-Néocomien car les coupes des cinq sondages analysés sont identiques à celle des affleurements de la Grande Falaise constituée par « des argiles et des grès en général fins » et dont plusieurs niveaux sont fossilifères (G. Busson et C. Albanesi 1967).

En raison de leur ressemblance dans tous les sondages analysés, ils feront l'objet d'une description collective ; quelques précisions seront apportées pour chaque sondage.

Il s'agit d'une alternance de sables et de grès à stratification souvent lenticulaire, d'argiles sableuses et gypseuses, de bancs de dolomie ; dans ces derniers des Gastéropodes et des Lamellibran-

Source : MNHN, Paris

ches attestent le caractère marin franc ; par contre, les graviers contiennent des restes de vertébrés continentaux.

Mr 1.

191 m : la moitié inférieure est très gréseuse avec des niveaux charbonneux ; la moitié supérieure très argileuse.

Sn 1.

221 m : présence de marnes dolomitiques à la base et au sommet.

Sb 1.

185 m : bancs de charbon dans la moitié inférieure.

Mg 1.

168 m : un banc d'anhydrite dans la partie médiane.

Te 1.

136 m : série très gréseuse avec une passée basale argileuse.

En résumé, le Sud tunisien aurait constitué pendant le Jurassique supérieur - Néocomien non plus une zone mésogéenne mais une zone péricontinentale ; « l'alternance maintes fois répétée, écrit G. Busson, de minces dépôts marins et de couches gréso-continentales ou à tendance continentale amène à imaginer un pays d'une extrême platitude où la sédimentation se faisait sous une tranche d'eau d'une extrême minceur ».

5. — *Le Tinrhert.*

Le Jurassique Supérieur - Néocomien se situerait, nous l'avons vu, dans la partie médiane du Taouratine inférieur, série analysée à Ot 105 mais non codifiée.

6. — *Conclusions générales sur le Jurassique Supérieur - Néocomien.*

Dans le Nord du Sahara, la considération des microfaciès (sondage Lg 1 en particulier) et les données paléontologiques suggèrent un âge Jurassique supérieur. Par contre, les Lamellibranches et Gastéropodes de la partie supérieure des affleurements de la Grande Falaise sont d'affinité Crétacé inférieur ; mais G. Busson fait remarquer que la série sous-jacente oxfordienne *p.p.* est en continuité parfaite, ce qui laisse supposer que la limite réelle Jurassique-Crétacé se trouve au sein de l'unité. Sa localisation précise serait d'un très grand intérêt stratigraphique et constituera un des objectifs de l'étude palynologique.

C. — Le « Barrémien ».

Cette formation riche en sables et grès grossiers est comprise entre les séries argilo-gréseuses du Jurassique supérieur - Néocomien et le mur de la « harre aptienne » carbonatée. Elle n'existe, nous l'avons vu, que dans la Province Septentrionale, la région d'Ouargla-Oued Mya, l'Extrême-Sud tunisien et le Gassi-Touil, mais la base en est plus exactement définie dans les trois dernières provinces où le Jurassique supérieur - Néocomien se termine par les « argiles vertes », faciès nettement différent.

Ne présentant pas de subdivisions lithologiques de vaste étendue, ce « Barrémien » est globalement codifié dans le fichier mécanographique par le chiffre 10.

Source : MNHN, Paris

1. — *La Province Septentrionale.*

Le Barrémien y a été étudié dans les sondages Li 3, Pg 1 et ZB 1.

Li 3.

256 m : argiles brun-rouge, gris-vert, beiges, orange, dolomitiques, souvent pélitiques ou sableuses, sables anisométriques cimentés en grès fins à moyens, rares passées de lignite.
Au total, il y a moins de 50 % d'éléments clastiques et 10 % de carbonates.

Pg 1.

330 m : alternance de grès fins, moyens ou grossiers à ciment carbonaté ou argileux, d'argiles grises, vertes ou rouges, plus ou moins sableuses ou dolomitiques, de dolomies et calcaires ; rares passées ligniteuses.
Au total, il y a plus de 50 % d'éléments clastiques.

ZB 1.

Ce sondage est situé dans une zone de transition des faciès avec ceux de la zone centrale et du Sud tunisien.
162 m : sables moyens à grossiers et très grossiers, graviers arrondis, rares intercalations d'argiles et niveaux ligniteux fréquents.
175 m : grès fins à très fins avec quelques intercalations de sables moyens à grossiers et de fréquentes intercalations argileuses.

2. — *L'Extrême-Sud Tunisien.*

A l'inverse de la plupart des autres périodes géologiques du Mésozoïque, le « Barrémien » reçoit des apports clastiques provenant du Nord-Nord-Est et ce phénomène se perçoit nettement dans le Sahara tunisien.

La partie septentrionale contient dans plusieurs sondages plus de 75 % de grès.

Mr 1.

80 m de sable moyen à grossier et de gravillons avec des niveaux dolomitiques.
69 m d'argile silto-gréseuse à passées dolomitiques.
Gastéropodes et Ostracodes sont présents dans toute la série.

Sn 1.

172 m : sables jaunâtres fins à grossiers, le plus souvent très grossiers ; minces intercalations d'argiles ; minces bancs de dolomie marneuse contenant des Lamellibranches, des Gastéropodes, des Ostracodes, des dents de poissons.

La partie méridionale est moins gréseuse et moins « continentale » ; la faiblesse de la subsidence dans toute la région comprise entre le môle du Tebaga et le craton lybien est très sensible dans la partie Est notamment où les épaisseurs sont peu importantes.

Sb 1.

173 m : alternance de grès assez fins largement dominants et d'argiles rouges ou vertes.

Mg 1.

117 m : sables moyens à très grossiers avec quelques intercalations d'argile et de dolomie marneuse ; la formation se termine par des argiles.
On y observe des débris de Gastéropodes, des dents de poissons, des Ostracodes.

Te 1.

103 m : sable grossier et grès fin à microconglomératique, dolomitique, alternant avec de rares argiles rouges pélitiques et des dolomies marneuses.
Au total, dans ces sondages, on évalue à 60 % environ la quantité d'éléments clastiques.

Source : MNHN, Paris

En résumé le « Barrémien » de l'Extrême-Sud tunisien offre un passage latéral de faciès subtil mais très intéressant du point de vue palynologique entre le lagunaire deltaïque du Sud et le deltaïque-continental du Nord.

3. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

Elle fait partie, avec le Gassi-Touil (et la partie méridionale du Sud Tunisien d'ailleurs) de la *province centrale* que G. Busson définit comme celle où le pourcentage des éléments clastiques est compris entre 50 et 75 et celui des carbonates inférieur à 10.

On 1.

164 m : argiles pélitiques ou sableuses avec des intercalations de sable fin à grossier, de grès fin à moyen et quelques passées de gypse et d'anhydrite.

4. — *Le Gassi-Touil.*

Par suite de l'érosion ante-albienne ou de différences localisées d'intensité de la subsidence, les épaisseurs du « Barrémien » sont variables. Le pourcentage des éléments clastiques varie de 50 à 70 %, celui des carbonates est très faible.

Ar 101.

239 m : sables fins, moyens, grossiers ; graviers ; grès fins à grossiers argileux, argilo-gypseux ou carbonatés ; quelques marnes grises.

Mf 101.

75 m d'argile rouge, ocre ou gris-vert largement dominante sur des passées de sable moyen à grossier.
73 m de grès moyen à grossier avec des passées d'argile et deux bancs d'anhydrite.
47 m de grès fin argileux et d'argile souvent dolomitique.

5. — *Le Tinrhert.*

Le Barrémien de cette province constituerait la partie supérieure du « Taouratine inférieur ».

6. — *Conclusions sur le « Barrémien ».*

L'immensité et l'homogénéité d'une sédimentation grossière toujours en concordance sur l'unité inférieure, fait remarquer G. Busson, ne peuvent être pleinement expliquées par les apports linéaires des cours d'eau impliquant une pente générale de la plate-forme de sédimentation ; or, celle-ci fut recouverte « brutalement sur une aire prodigieusement vaste » par la mer aptienne. Nous verrons comment l'analyse palynologique peut, sans expliquer le mécanisme du transport des matériaux, préciser le milieu de dépôt de ce « Barrémien ».

D. — Le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur non différentiables.

Nous avons vu que dans toute la partie occidentale et méridionale du Sahara algérien, le Barrémien ne se différencie pas au sein des séries très gréseuses du Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

Pour la Province Occidentale (sauf la partie très septentrionale, mais y compris le bassin du Haut Oued Mya, la partie Sud du Grand Erg oriental) le Jurassique supérieur · Crétacé inférieur a fait l'objet d'une désignation alphanumérique globale, 9a.

Dans la région centrale les faciès sont approximativement détritiques à 60 % et argileux à 40 %.

Dea 1.

210 m : sables et grès fins, moyens ou grossiers, à ciment argileux ou dolomitiques.

Source : MNHN, Paris

Dans la région méridionale les faciès sont très gréseux et grossiers et cela de plus en plus en direction du Sud.

ST 1.

78 m : d'alternance de grès dolomitiques ou argileux et d'argiles rouges ou vertes sableuses avec traces d'anhydrite.

405 m : de sables et graviers argileux fins à très grossiers, de grès hétérogènes ; intercalations d'argiles, de dolomies, de calcaires, quelques passées ligniteuses.

Df 1.

471 m : sables et grès moyens à grossiers très abondants avec quelques passées argileuses.

En résumé, géographiquement ces séries constituent l'auréole périphérique la plus externe du bassin de sédimentation de l'époque ; ce sont vraisemblablement des séries « continentales » *s.l.* Nous rechercherons dans le chapitre suivant les caractéristiques palynologiques générales de la sédimentation continentale dans le monde actuel ou ancien afin de trouver par analogie éventuelle à quel milieu continental précis ces séries détritiques grossières parsemées de débris végétaux peuvent correspondre.

VII. — L'APTIEN

A. — Limites et conification.

La passée dolomitique reconnue dans les sondages sabariens entre les grès « barrémiens » et les grès « albiens » est appelée *barre aptienne* par assimilation avec certaines formations des Monts des Ouled Naïls ou des Aurès ; en fait, elle représenterait seulement « une partie de l'Aptien supérieur ». Vers l'Est et le Sud-Est, la dolomie fait place à un faciès argilo-gréseux, tandis que vers l'Ouest et le Sud la série est envahie par les sables et les argiles. Cette formation peu épaisse constitue une unité stratigraphique sans division, codifiée 11 dans le fichier mécanographique.

B. — Lithologie.

1. — *La Province Septentrionale.*

La formation y est très carbonatée.

ZB 1.

30 m : dolomie cristalline ou crayeuse (100 %).

TA 1 (Tamerna, sondage situé dans les confins atlasiques).

3 échantillons de carottes prélevées entre les profondeurs 1 475 m et 1 481 m : grès fins argileux.

2. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

ON 1.

29 m : dolomies, calcaires dolomitiques, calcaires cristallins (75 % de carbonates).

3. — *Le Gassi-Touil.*

Ar 101.

La partie sud est beaucoup moins carbonatée ; d'autre part, une grande partie de l'Aptien a été érodée.

Source : MNHN, Paris

Mf 101.

23 m : grès fin et argile dolomitique.

Plus au sud, en Aa 1, l'Aptien ne se distingue plus de l'Albien sus-jacent.

PROVINCE : EXTRÊME SUD-TUNISIEN					
SONDAGES :		Mr 1	Sb 1	Mg 1	Te 1
FORMATIONS	Code				
SÉNONIEN	18		302		310
TURONIEN	17	2 53	12 384		1 400
CÉMANO-TURONIEN	14		3 318?		4 548
ALBO VRACONIEN	13	69? 3 123?	1 550?		2 627
ALBIEN	12	1 134	2 609	514	2 671
" APTIEN "	11	1 152	1 634	1 537	2 697

TABLEAU I. 3. — « Aptien »-Sénonien. Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages de l'Extrême-Sud tunisien Situation des séries et échantillons étudiés.

PROVINCES : Province Occidentale					GASSI TOUIL					Ouarg	Sept
SONDAGES :		Dea 1	ST 1	Df 1	Aa 1	Mf101	GT 3		Ar 101	On 1	ZB 1
FORMATIONS	Code							FORMATIONS	Code				
SÉNONIEN	18		846		909	4 899	8 693	SÉNONIEN		3 705		767
TURONIEN	17		2 953	803	3 1106	2 944	3 773	TURONIEN	17	4 822		3 847
CÉNOMANIEN	14		2 1064	2 874	1 1112	4 1128	3 900	CÉNOMANIEN	14	4 962		5 1038
ALBIEN	12a	8 140	7 1540	6 1203	11	8 1355	3 980 Lacune	ALBO VRACONIEN ALBIEN	13 12	1 8 1223	3 1028	3 1130 6 1229
" APTIEN "	11	2 197	1569		a 1260	2 1378		" APTIEN "	11	1 1242	1 1057	1 1259

TABLEAU I. 3 bis. — « Aptien »-Sénonien. Corrélations géologiques numériques (en mètres) des sondages du Gassi-Touil et des Provinces Occidentale, Centrale et Septentrionale Situation des séries et échantillons étudiés.

Source : MNHN, Paris

4. — *L'Extrême-Sud tunisien*

Mr 1.

18 m : dolomie cryptocristalline.

Mg 1.

23 m : dolomie avec dents de poissons.

Te 1.

26 m : dolomie calcaire et pyriteuse.

5. — *La Province Occidentale.*

La partie nord montre des faciès très carbonatés ; la partie sud des faciès argilo-gréseux.

Dea 1.

57 m : argiles sableuses, sables fins, bancs calcaires.

6. — *Le Tinrhert.*

L'équivalent de l'Aptien dans cette province serait la série appelée « *Taouratine moyen* ».

Ot 105.

21 m : dolomies, calcaires gréseux, argiles pélitiques ; quelques grès calcaréo-dolomitiques.

7. — *Conclusions.*

L'âge de cette formation reste incertain ; elle n'est datée que par l'analogie des microfaciès et de la succession lithologique observée en Berbérie et par le fait que c'est en continuité parfaite que cette formation saharienne passe à une série marine dans les confins atlasiques où la faune révèle un âge aptien supérieur (sondage Hm 1).

Du point de vue paléogéographique, la série est-elle également franchement marine au niveau de la plate-forme saharienne ? En fait, la nature de son milieu de dépôt y est assez mal définie ; en particulier, la délimitation du milieu marin et du milieu lagunaire n'y est pas précisée, même approximativement. La palynologie peut apporter dans ce domaine quelques indications précieuses, nous le verrons.

VIII. — L'ALBIEN ET L'ALBO-VRACONIEN

A. — Limites et codification.

Entre la « barre aptienne » et les argiles et anhydrites sus-jacentes cénomaniennes il existe dans la région occidentale du Sahara un ensemble indifférentiable de *grès albiens* alors que dans les régions centrale et orientale l'équivalent latéral de la partie supérieure de ces grès est un ensemble carbonaté dit *Albo-Vraconien* [1].

1. G. Busson précise que c'est « la notion de Vraconien-faciès » qu'il utilise pour désigner ces couches carbonatées et ajoute : « pour éviter une confusion regrettable entre une notion stratigraphique et un faciès dont la position est changeante, j'ai finalement adopté le terme d'Albo-Vraconien pour cette série carbonatée ».

Source : MNHN, Paris

Dans la province septentrionale, la région d'Ouargla-Oued Mya et l'Extrême-Sud tunisien, l'Albien gréseux est codifié 12 et l'Albo-Vraconien carbonaté 13. Dans la Province Occidentale et le Gassi-Touil, l'Albien non différentiable est codifié 12 a ou 12 b suivant les cas (fig. I. 3).

— Dans une partie du Gassi-Touil (sondage GT 3, par exemple) la base de l'Albien n'est pas fixée par le toit de la « barre aptienne » mais celui de la série jurassique sous-jacente plus ou moins érodée ; il est possible que la partie la plus basse de l'Albien n'y soit pas représentée ; dans le sondage Ar 101 par contre, l'Albien gréseux, épais de 249 m, est surmonté d'un Albo-Vraconien de 12 m seulement. Dans la région de Marfag enfin (Mf 101), l'Albien n'est pas divisible (l'Albo-Vraconien ne s'individualise plus). Dans les trois cas, malgré leurs valeurs stratigraphiques différentes en toute rigueur, les formations albiennes sont incluses dans la codification alpbanumérique 12 a.

— Dans le sondage très occidental Dea 1, la base des grès albiens est localisée non sans incertitude à 140 m, mais le sommet n'est pas déterminé ; il est possible qu'il s'agisse d'Albien jusqu'à la surface mais il n'est pas impossible que la partie supérieure soit cénomanienne ; la formation a donc fait l'objet de la désignation alphanumérique particulière 12 b.

— Enfin, dans l'Extrême-Sud tunisien lui-même on ne dissocie l'Albien de l'Albo-Vraconien que dans une partie des sondages (Te 1 et Sn 1) ; ailleurs, l'envahissement par les carbonates de tout l'ensemble apto-cénomanien ne permet que des divisions très approximatives ; toutefois, les parties inférieures et moyennes de ces séries compréhensives ont été respectivement incluses dans les désignations 12 et 13.

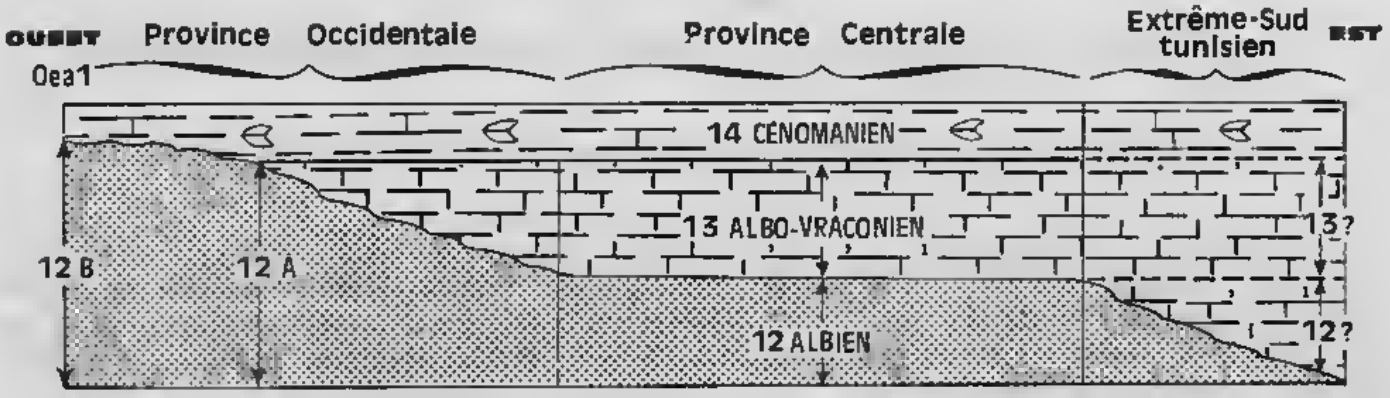


Fig. I. 3. — Représentation schématique de la disposition Grès albien—Albo-Vraconien — Cénomanien suivant une coupe Est-Ouest et codification adoptée.

B. — L'Albien et l'Albo-Vraconien différentiables.

1. — *La Province Septentrionale.*

L'Albien contient de plus de 70 % d'éléments clastiques à l'Est à moins de 50 % à l'Ouest. L'Albo-Vraconien est constitué de dolomie et de calcaires dolomitiques et des Foraminifères témoignent d'influences marines.

ZB 1.

Albien 99 m : grès et sables fins à très fins ; argiles pélitiques, quelques bancs de dolomie.

2. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Toute la province ne comporte pas de grès albien, mais la partie basale de la série carbonatée apto-cénomanienne a été considérée comme un hypothétique équivalent latéral.

Te 1.

Albien : 54 m : grès graveleux à microconclomératique à ciment dolomitique ou argileux, alternance avec des marnes sableuses.

Albo-Vraconien : 79 m : dolomie argileuse ou anhydritique et calcaire dolomitique.

Source : MNHN, Paris

Sb 1.

Équivalent des grès albiens (?) 59 m : argile ; rares bancs de dolomie.
Albo-Vraconien (?) 32 m : argile et dolomie marneuse.

Mr 1.

Équivalent des grès albiens : (?) 11 m : argile.
Albo-Vraconien : 54 m (?) : dolomie marneuse.

3. — *Le Tinrhert.*

Les épaisseurs sont très faibles Dans le sondage Ot 105 analysé, l'Albien engloberait la série dite *Taouratine supérieur* (29 m) et la série argilo-sableuse sus-jacente (26 m). Au-dessus, une série carbonatée de 31 m représenterait l'Albo-Vraconien.

C. — L'Albien non différentiable.

1. — *La Province Occidentale.*

Dans la partie très septentrionale (région du sondage AB 1), les faciès sont très gréseux mais quelques bancs carbonatés ont livré des dents de poissons et des Ostracodes non identifiés : les influences marines pourraient n'être pas totalement exclues au Sud (ST 1) et surtout à l'Extrême-Sud (Df 1) ; au Nord-Est du plateau du Tademaït le faciès très gréseux (plus de 70 % d'éléments clastiques) est *continental.*

ST 1.

476 m : sables fins ; argiles rouges sableuses, quelques bancs dolomitiques.

Df 1.

329 m : sables fins à grossiers, argile rouge sableuse.

2. — *Le Gassi-Touil.*

Ar 101.

261 m : grès fin à ciment argileux, dolomitique ou calcaire, argile rouge, verte ou versicolore ; très peu de lignite.

Gt 3 (l'Albien repose sur le Salifère liasique supérieur).

80 m : grès fin argileux ou argilo-calcaire ; argiles.

Mf 101.

227 m : grès fins avec passées de grès moyen ; argile rouge, verte, bariolée.

Aa 1 : j'ai expliqué plus haut que dans ce sondage Aptien et Albien ne sont pas repérables au sein d'une série monotone ; la désignation alphanumérique de cet ensemble est 11 a.

D. — Conclusion.

Les grès « albiens » ne sont pas datés par la paléontologie mais seulement par leur position stratigraphique entre la barre « aptienne » et la série sus-jacente cénomanienne. L'Albo-Vraconien n'est pas, lui non plus, paléontologiquement caractérisé sur la plate-forme saharienne ; il est toutefois en continuité géographique avec les calcaires datés du Vraconien ou de l'Albien supérieur de l'Atlas saharien. Le but principal de l'étude palynologique sera donc de dater ces formations.

Source : MNHN, Paris

L'autre objectif sera la détermination du milieu de dépôt. Dans les grès « albiens » en effet s'observent à la fois des stratifications entrecroisées et des argiles rouges, mais aussi des niveaux carbonatés à Ostracodes et dents de poissons (région d'Ab 1). G. Busson écrit d'ailleurs « il est difficile de se prononcer sur la nature de ce dépôt » et pose un problème palynologique précis : « par exemple, l'existence d'une certaine proportion dans cet Albien gréseux de loges de Foraminifères, de restes d'Acritarches ou de Péridiniens remettrait en question l'attribution à ces couches d'un faciès purement continental ».

IX. — LE CÉNOMANIEN

A. — Limites et codification.

Dans l'ensemble, il s'agit d'une série argilo-lagunaire (surtout argiles à gypse) intercalée entre les grés albiens ou l'Albo-Vraconien et une dalle calcaire du Cénomanien supérieur (incluse dans l'unité dite « Turonien »). Cette série correspond presque partout à un Cénomanien incomplet au sommet, sauf dans la Province Septentrionale où, au contraire, les derniers mètres seraient déjà turoniens. Elle présente une grande diversité de faciès mais les évolutions sont très progressives selon les régions de la plate-forme saharienne.

Bien que cette formation soit localement équivalente soit du Cénomanien *p.p.* soit d'un Cénomanien-Turonien p.p. la codification est unique : 15.

B. — Lithologie.

1. — *La Province Septentrionale.*

Dans les régions occidentale (Li 3) et centrale (Pg 1) se succèdent deux ensembles, une *série inférieure* argilo-marneuse et peu ou pas anhydritique, une *série supérieure* très anhydritique avec carbonates et argiles. Les carbonates de ces régions (partie nord surtout) sont fossilifères et la faune caractérise un *faciès néritique peu profond*. Le sondage Pa 1 a livré des Miliolidés, Spiroloculines, Préalvéolines, à certains niveaux des Ostracodes lisses et ornés (*Cythereis*), des spicules d'Oursins, des débris de Lamellibranches. Plus à l'Est, le sondage Hn 2 contient *Globotruncana stephani* et *G. helvetica* Bolle, faunes déjà plus ou moins pélagiques.

Seule la partie orientale a été étudiée à ZB 1.

ZB 1.

— 43 m d'argile dolomitique injectée d'anhydrite.
— 95 m d'alternance d'argile dolomitique, d'anhydrite et de dolomie.
— 53 m de dolomie et calcaires marneux ; un banc d'anhydrite.

En résumé, la Province Septentrionale constitue au Cénomanien la « région subsidente du Bas-Sahara » orientée vers le domaine mésogéen. Les épaisseurs diminuent vers l'Ouest et les influences détritiques se font sentir dans la partie nord de la province occidentale (Ab 1) indiquant le domaine de la plate-forme saharienne.

2. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Cette province, nous l'avons vu, présente un Apto-Cénomanien carbonaté où la délimitation du Cénomanien est incertaine à la base car il n'y a ni fossiles ni grès albiens. La série est plus épaisse au Sud (147 m à Te 1) qu'au Nord (70 m à Mr 1) ; à proximité du Tebaga de Medenine elle s'épaissit à nouveau et devient plus marine. Elle contient là une faune qui permet d'affirmer l'âge cénomanien

Source : MNHN, Paris

(G. Busson 1967) : *Neolobites medeninensis* Basse, Exogyres, Lamellibranches et, tout à fait au sommet, des Oursins, *Heterodiadema lybicum* Desor, *Rhabdocidaris cf. angulata* Peron et Gauthier, *Hemiaster cf. saadensis* Peron et Gauthier. Mais le Cénomanien n'est pas limité paléontologiquement au sommet ; la limite lithologique supérieure de la série est une dalle dolomitique turonienne.

Te 1.

Série inférieure (48 m) : argiles dominantes vertes et rouges, marnes, calcaires et dolomies.
Série supérieure (100 m) : dolomies, calcaires oolithiques, marnes dolomitiques et argiles grises, 20 % d'anhydrite.

Sb 1.

Série inférieure (24 m) : argiles vertes et grises, marnes, calcaires dolomitiques.
Série supérieure (110 m) : 60 % d'anhydrite, dolomies, passées calcaires et marneuses, présence de Foraminifères et d'Ostracodes.

3. — *Le Gassi-Touil.*

Dans les quatre sondages analysés, Ar 101 (140 m), GT 3 (127 m), Mf 101 (192 m) et Aa 1 (112 m), les faciès du Cénomanien peuvent être décrits globalement :

Série inférieure : argiles grises, vertes, rouges, souvent sableuses ; quelques passées d'anhydrite à Mf 101.
Série supérieure : argiles dominantes, grises, marron, brun-rouge, plus ou moins dolomitiques au sommet ; dolomies ; calcaire blanc au sommet ; 15 % en moyenne d'anhydrite. Passées de sel à Ar 101. Les dolomies ont révélé localement une microfaune littorale (*Ophtalmidium*, *Cuneolina*, Meandropsinidae) et des faunes *pélagiques* (Rotaliidae, Globorotaliidae). Les argiles contiennent des Gastéropodes, des Ophiures, des radioles d'Oursins et des Spongiaires.

4. — *Le Tinrhert.*

Contrairement aux autres formations se biseautant habituellement dans cette province, le Cénomanien qui affleure précisément dans la région d'Ohanet a une épaisseur assez forte (174 m) : la série est argilo-gypseuse sur 155 m (gypse en bancs intercalés d'argiles bariolées, de calcaire oolithique, marneux ou dolomitique) et terminée par 19 m de calcaire du Cénomanien supérieur. G. Busson met en équivalence la série inférieure avec des niveaux de la région du Fort-Flatters ayant fourni des débris coquilliers évoquant un milieu marin littoral.

5. — *La Province Occidentale.*

Seule la partie très méridionale a été étudiée à St 1 (117 m) et Df 1 (71 m).

Les séries inférieure et supérieure y sont plus ou moins reconnaissables et l'ensemble s'amincit vers le Tademaït où les évaporites disparaissent.

Série inférieure : argiles vertes, grises, rouges, dolomitiques ou anhydritiques à St 1 et sableuses à Df 1.
Série supérieure : argiles, marnes, dolomies et calcaires ; de l'anhydrite à St 1. Cette série a fourni dans le sondage voisin EA 2 des Ostracodes, des débris d'Échinides et d'Ophiurides.

D. — Conclusion.

Le Cénomanien est une des rares unités datées, du moins par rapport à la barre carbonatée sus-jacente (décrite avec le Turonien) et contenant, outre *Neolobites* et *Calycoceras*, des Foraminifères pélagiques établissant son âge cénomanien supérieur.

Les argiles à gypse de ce Cénomanien ne correspondent pas, pour G. Busson au « terme le plus élevé du Continental Intercalaire » mais à une série déposée « dans un milieu intermédiaire entre le milieu marin et le milieu continental ». Contrairement aux autres unités, ce Cénomanien ne s'enrichit pas ou très peu en éléments détritiques vers le Sud.

Source : MNHN, Paris

X. — LE TURONIEN

A. — Limites et codification.

L'intervalle individualisé par la nature lithologique et les corrélations diagraphiques « ne coïncide pas rigoureusement avec l'étage Turonien ». Dans une grande partie du Sahara, il comporte à la base la dalle carbonatée du Cénomanien supérieur. Au sommet, il est limité au toit de la barre turonienne, elle-même surmontée par des évaporites. La limite carbonates-évaporites se situerait au sein du Turonien à un niveau stratigraphique qui ne semble pas constant. Malgré cela, une codification numérique unique a été retenue : 17.

B. — Lithologie.

1. — *La Province Septentrionale.*

Tandis que les régions nord et ouest montrent des séries riches en argiles, dans la région orientale, seule étudiée, région de transition naturelle avec l'Extrême-Sud tunisien, la teneur en argile est très faible et les dolomies l'emportent sur les calcaires.

ZB 1.

80 m : dolomie cristalline, passées d'argile dolomitique.

2. — *La région d'Ouargla-Oued Mya.*

Elle n'a pas été étudiée en palynologie. Faisant transition avec les faciès marins du Nord Sahara, cette province a été le siège d'une sédimentation marine à tendance récifale (Mollusques, Rudistes, petits Arénacés, Fissurines, Ostracodes, Spongiaires, Échinodermes).

3. — *L'Extrême-Sud tunisien.*

Dans les trois sondages Mr 1 (53 m), Sb 1 (82 m) et Te 1 (90 m), il s'agit d'une barre massive extrêmement carbonatée, essentiellement dolomitique. A Te 1 il y a toutefois 30 % de marnes dolomitiques.

4. — *Le Gassi-Touil.*

a. — La région occidentale présente une teneur en argile plus faible que les régions est et sud ; en outre, la succession lithologique est différente.

Ar 101.

117 m : calcaires crayeux, calcaires dolomitiques, passées de marnes grises.

Aa 1.

97 m : calcaires crayeux, deux importantes passées d'argiles marneuses dans la partie moyenne.

b. — La région orientale fait partie, avec le Tinrbert et le Sud de la Province Occidentale d'un domaine méridional de sédimentation argileuse. Elle a été étudiée dans les sondages GT 3 (80 m) et Mf 101 (45 m). Équivalente à la « barre turonienne » on y rencontre la triade suivante :

— des « calcaires inférieurs » crayeux, parfois argileux.

Source : MNHN, Paris

— des marnes et argiles calcaires ou dolomitiques, gréseuses à Mf 101,
— des « calcaires supérieurs » où alternent dolomies et calcaires.

5. — *La Province Occidentale.*

Seul le sondage St 1 a été étudié (107 m) : comme dans la région occidentale du Gassi-Touil, il s'agit de calcaires crayeux avec deux importantes passées d'argile à la partie moyenne.

D. — Conclusion.

La « barre turonienne » constitue une unité dans l'ensemble homogène pouvant être datée du Cénomanien supérieur-Turonien inférieur. Cette formation comprend à la base des calcaires inférieurs dont la partie inférieure contient *Neolobites vibrayeanus, N. fourteaui, N. feroni, N. bussoni, Calycoceras grossouvrei, C. boulei, Cimmenites* caractérisant le Cénomanien supérieur ; la partie supérieure de ces calcaires contient déjà une riche faune d'Ammonites du Turonien inférieur parmi lesquelles *Neolobites gignouxi, N. jacqueli, Vascoceras gamai, Paramammites laffittei, Pseudotissotia* (*Branchioceras*) *bussoni, Discovaceras defrennei.* Le toit Turonien n'est cependant pas daté.

L'étalement du domaine sédimentaire à cette époque a dépassé tous les termes antérieurs du Mésozoïque et la faune témoigne d'une généralisation du milieu marin.

Cette unité n'a été analysée qu'en de rares points car, en comparaison des autres unités, elle ne posait que des problèmes stratigraphiques et paléogéographiques mineurs.

XI. — CONCLUSION GÉNÉRALE : OBJECTIFS DE L'ANALYSE PALYNOLOGIQUE DANS L'ÉTUDE DU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN

La préoccupation première du palynologue-géologue est naturellement de reconnaître la *répartition stratigraphique* des microfossiles organiques (pollens, spores, microplancton organique). Cela suppose l'étude morpbologique préalable des formes, leur détermination et leur description, c'est-à-dire une étude qualitative systématique, la plus précise possible. Les objectifs principaux en ce qui concerne le Mésozoïque Saharien sont en effet, d'une part l'établissement d'une *échelle palynologique* dans les séries paléontologiquement datées afin de l'appliquer aux autres séries, d'autre part la *reconstitution de l'histoire évolutive de la végétation* dans la partie nord du continent africain qui fut l'hinterland nourricier du bassin sédimentaire sabarien. Il faut savoir quels groupements végétaux y sont apparus, s'y sont développés ou multipliés, en ont disparu enfin au cours des périodes successives du Secondaire. La recherche sur la syngénétique de ces groupements ne pouvait naturellement être entreprise que sur des bases stratigraphiques solides qui, pour ces raisons, ont été très largement rappelées ci-dessus.

En réalité les opérations sont moins faciles qu'il peut paraître au premier abord. En effet le fondement de l'échelle palynologique est lui-même subordonné à la résolution de plusieurs problèmes de datation chronologique concernant l'ensemble du Sahara. Envisageons-les en remontant l'échelle stratigraphique.

La base du **Trias gréseux** reposant directement sur le substratum primaire est vraisemblablement d'âge variable selon les régions du Sahara. Elle a été « touchée » en dix points dont il serait très intéressant que la palynologie précise pour chacun l'âge du dépôt. On possède d'ailleurs un point de référence unique mais précieux : la série fine supérieure du Trias gréseux du Sud tunisien est datée du Trias moyen et elle serait antérieure au Muschelkalk supérieur. De même, la limite de faciès Trias gréseux-Salifère principal est, nous l'avons vu, tout à fait diachrone ; elle est plus récente vers le Sud-Est où se sont perpétués les apports gréseux qu'au Nord-Ouest où le régime laguno-évaporitique s'est

Source : MNHN, Paris

établi très tôt. La datation des formations immédiatement sus et sous-jacentes dans les différentes provinces situerait, dans le temps, la transgression des faciès évaporitiques. Là aussi on dispose d'un point de référence unique : la base de l'Argilo-carbonaté du Sud Tunisien est datée du Muschelkalk supérieur et le sommet serait du Carnien.

Un autre problème de chronologie pure est celui de la **limite Trias-Jurassique**. Sa localisation au sein des niveaux supérieurs du Salifère principal serait d'un intérêt capital. *A priori* hélas, les conditions climatologiques liées à la sédimentation évaporitique laissent supposer une grande pauvreté microfloristique de ces séries. Par contre, la datation du niveau B peut faire également l'objet d'une tentative de résolution par la palynologie, en particulier par l'étude du microplancton de cet éphémère épisode marin de type classique au sein d'une sédimentation évaporitique particulière si peu favorable à la recherche des pollens.

La datation des formations composant le **Lias-Dogger inférieur**, ou au moins la recherche des équivalences stratigraphiques entre celles qui caractérisent chaque province, est à envisager. Mais les conditions de sédimentation d'une part, le fait qu'on ne dispose pas de coupes de référence paléontologiquement datées d'autre part, ne sont pas des éléments favorables ; en outre, si l'échelle palynostratigraphique du Lias européen est excellente, il n'existe aucune référence bibliographique concernant les pollens du Lias de la partie nord de l'Afrique. Au contraire le « Bathonien » est intéressant parce qu'il est, au moins localement, paléontologiquement daté et que les apports continentaux au sein de dépôts océaniques sont importants, ce qui est propice à l'établissement d'une caractérisation palynologique complète (spores, pollens, microplancton).

Le **Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien** pose, comme sa dénomination globale l'indique, le problème de la distinction de ces étages, mais, là encore, il eût fallu pouvoir se référer à une coupe africaine bien datée et où chaque étage eût été bien délimité. Aucune référence bibliographique relative aux pollens de ces régions n'est en effet consultable et les quelques séries de Berbérie étudiées sont trop marines pour contenir une microflore pouvant servir de référence.

Les conditions de sédimentation paraissent au contraire favorables à un essai de localisation de la **limite Jurassique-Crétacé** par la palynologie (présence de lignites), mais le même obstacle demeure : l'absence de coupes africaines de référence à la stratigraphie suffisamment précise.

Le Barrémien, l'Aptien, le Cénomanien et le Turonien sont dans l'ensemble bien définis au Sahara et la microflore pourra être utilement comparée à celle connue d'Afrique occidentale. Le Cénomanien et le Turonien, pauvres en éléments détritiques et très marins, devraient s'avérer plus favorables à l'étude du microplancton organique qu'à celle des pollens.

En résumé, les problèmes de datation stratigraphiques sont importants et nombreux dans le Mésozoïque saharien, mais les références dont dispose la palynologie pour les résoudre sont insuffisantes. Aussi son objectif raisonnable mais déjà plein d'intérêt sera de **caractériser palynologiquement les grandes unités** et de comparer entre elles les formations élémentaires composantes. Quant aux problèmes stratigraphiques majeurs, ils seront débattus à l'aide des références européennes et australiennes notamment.

Nous avons vu enfin que dans cet immense bassin où se mêlent et alternent si confusément les influences marines et les influences continentales, la paléogéographie demeure souvent incertaine. Dans presque toutes les unités on bute sur la même difficulté : **définir et délimiter les milieux de dépôts** (franchement marins, lagunaires, deltaïques marins ou lagunaires, continentaux). Considérons les formations les plus malaisées à caractériser de ce point de vue.

Le Trias gréseux contient des éléments pétrographiques d'origine océanique mais pas le moindre fossile marin ce qui laisse le milieu du dépôt assez indéterminé. Le Salifère principal correspond en général à un milieu marin confiné dont il serait intéressant de connaître le caractère plus ou moins ouvert sur la mer en mesurant l'importance des micro-organismes marins. Le même problème se pose pour une bonne partie du Lias évaporitique.

Le « Bathonien » pose le problème de la délimitation des milieux de dépôt depuis le marin franc jusqu'au deltaïque plus ou moins caractérisé du Sud tunisien.

De même au Callovo-Oxfordien-Kimmeridgien, dans le domaine situé au Sud de la ligne Ghardaïa-Rhadamès, est-ce en milieu marin, déssalé ou en eau douce que s'est formée cette série à « tendance

Source : MNHN, Paris

continentale bien que déposée sous une certaine tranche d'eau » ? L'ensemble du Barrémien pose un problème comparable, ainsi que les « grès albiens » dont le milieu de dépôt reste difficile à définir.

Mais dans quelle mesure des problèmes paléogéographiques aussi délicats, de plus posés à une échelle immense, peuvent-ils être résolus par l'analyse palynologique ? C'est précisément ce que nous allons débattre dans le chapitre suivant.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE II

LA SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE EN GÉNÉRAL. NATURE, MODALITÉS, EXPLOITATION EN GÉOLOGIE.

De nos jours encore l'analyse palynologique se restreint dans l'esprit de nombreux géologues à la seule analyse pollinique, méthode paléonto-stratigraphique à laquelle on a recours en dernier ressort, en général dans les cas considérés comme exceptionnels, voire anormaux, où la paléontologie animale est inefficace ou bien fait totalement défaut. Cet état d'esprit trouve une explication historique aisée dans le fait que la majorité des géologues, les européens surtout, ont été initiés puis se sont débattus dans des problèmes de géosynclinaux à la faune en général abondante et caractéristique, aux passages de faciès spectaculaires et éloquents. Dans cette géologie classique les problèmes stratigraphiques et paléontologiques reçoivent pour la plupart des solutions sinon faciles du moins immédiates car elles sont fondées sur un acquis scientifique très sûr ; pour les premiers sur les études paléontologiques fondamentales, pour les seconds sur des explications bathymétriques ou tectoniques largement éprouvées. Il n'en est pas de même dans la géologie sédimentaire de plate-forme où les fossiles pélagiques (en général les meilleurs fossiles de zone) sont épisodiques ou rares, où les passages de faciès progressifs et très étalés délimitent mal toute une variété subtile de milieux de sédimentation intermédiaire entre les milieux marin et continental francs. Dans de telles formations — dont l'étendue cumulée sur la planète est colossale — les formes biologiques *in situ* qui existent (lorsqu'elles existent) ne sont pour la plupart que médiocrement indicatrices d'un âge ou d'un milieu précis. *L'analyse palynologique globale* peut être là un remarquable outil de la connaissance géologique. En stratigraphie bien sûr avec l'analyse pollinique (partie de l'analyse palynologique globale) sur laquelle il est inutile d'insister sinon pour souligner qu'elle trouve un complément précieux dans la détermination du microplancton de nature organique (Dinoflagellés, Acritarches). En sédimentologie (définition des milieux de dépôt) et en paléogéographie (délimitation de ces milieux) avec la considération de l'ensemble des éléments de nature organique. C'est cette dernière discipline dont l'intérêt est plus méconnu que je me propose de définir et de fonder avant de l'appliquer à l'étude d'un grand bassin sédimentaire. C'est donc avec l'optique du sédimentologue que nous verrons successivement : 1) quelle est la nature et l'origine de la matière organique microscopique visible des roches sédimentaires ; 2) quelles sont les modalités de la sédimentation palynologique telles qu'on peut les observer dynamiquement dans le monde actuel ou figées dans les sédiments anciens ; 3) comment on peut inversement retrouver la nature précise des milieux du dépôt en divers points d'un bassin aux faciès ambigus d'après le contenu palynologique global.

Source : MNHN, Paris

I — NATURE ET HISTOIRE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES ROCHES SÉDIMENTAIRES

J'ai donné dans l'introduction de cet ouvrage une définition du contenu palynologique d'un sédiment : il s'agit de l'ensemble des éléments solides microscopiques de nature organique recueillis après un traitement palynologique classique. Ce contenu palynologique n'est toujours qu'une fraction du contenu organique total de la roche [1] car tous les traitements sont partiellement destructeurs (les composés humiques sont en effet détruits par les acides concentrés). L'observation visuelle de cette fraction est cependant d'un grand intérêt scientifique : les dosages de la matière organique par les méthodes de la géochimie ne donnent que des indications globales alors que la matière organique dispersée ou diffuse au sein des sédiments est hétérogène dans sa composition, sa nature chimique, son origine et le degré de sa transformation.

A. — Nature biologique et composition chimique.

F. L. Staplin (1969) considère que l'observation des résidus palynologiques permet de distinguer un matériel primaire (encore organisé), un matériel modifié (plus ou moins désorganisé ou totalement amorphe), des produits de transformation par effet thermique (correspondant à un stade diagénétique de matériel primaire non nécessairement désorganisé). L'ensemble constitue ce qu'on appelle le *kérogène* ou encore la *matière sapropélique*.

1. — *Le matériel primaire.*

Ce matériel est dit primaire parce qu'on peut y reconnaître des organismes ou des fragments d'organismes. Il comprend :

— des éléments d'origine terrestre :
- cuticules de feuilles et de tiges, généralement translucides,
- spores et pollens physiquement et chimiquement résistants,
- fragments de vaisseaux de bois plus ou moins noircis,
- résines,
- algues du plancton d'eau douce telles que *Botrycoccus* ;

— des éléments d'origine marine :
- microplancton (Dinoflagellés, Microforaminifères chitineux),
- benthos (bactéries, algues, Chitinozoaires, Scolécodontes).

La nature chimique de ces éléments est aussi variable que leur origine. De plus chaque élément est lui-même composé de plusieurs substances différentes. (M. Correia 1969).

On sait que la cellulose $(C_6H_{10}O_5)\times$ est le constituant principal des végétaux. Elle existe aussi en faible quantité dans les spores et le pollen de même que dans les Dinoflagellés actuels. Pourtant spores, pollens et débris végétaux fossiles en sont dépourvus. Il semble que la cellulose dont les chaînes sont aisément rompues soit par l'oxydation soit par des enzymes bactériennes, disparaisse au cours de la fossilisation.

La chitine $(C_8H_{13}NO_5)\times$ constitue, on le sait, la carapace de nombreux invertébrés du benthos,

1. D'après M. Correia (1969) la matière organique figurée ne représenterait que 1 à 10 % du contenu organique total. En l'absence de statistiques démontrées, si on se réfère aux formations calcaires oxfordiennes du Bassin de Paris, la proportion est plus importante. Il faut aussi remarquer que la matière microscopique solide insérée entre les grains de la roche est la seule dont on soit sûr de l'autochtonie très localisée.

Source : MNHN, Paris

mais son attaque par la chitinase, enzyme bactérienne, entraîne en général sa décomposition en une substance voisine mais plus stable, la *mélanoïdine*, dont serait constitués les microorganismes considérés comme benthiques tels que les Chitinozoaires et les Scolécodontes. Cette substance serait également celle des Graptolites.

Les cuticules et les vaisseaux de bois sont constitués par de la *lignine* (noyau phénolique + chaînes à 3 atomes de Carbone). Cette substance est stable, elle est donc retrouvée dans les débris fossiles, mais une bonne partie peut avoir été décomposée par action bactérienne et transformée en composés comparables aux acides bumiques (détruits par les acides forts donc non récupérés en palynologie) ou à la mélanoïdine.

L'exine des spores et des pollens est constituée de *sporopollenine*, substance voisine des caroténoïdes (haute polymérisation d'une espèce chimique de formule brute voisine de $C_{90}H_{120}O_{12}OH_{15}$). La sporopollenine est très résistante aux acides organiques ou minéraux ce qui explique l'excellente conservation des spores et des pollens, de leur paroi externe (exine) du moins.

Enfin dans les microorganismes actuels terrestres ou aquatiques existent évidemment des protéines diverses, des lipides, des pigments : tous ces corps peu stables sont détruits lors de la fossilisation.

2. — *Le matériel modifié.*

On n'en reconnaît plus les organismes originels. Il comprend :

— des indicateurs de sapropèle (car ils sont toujours accompagnés d'hydrocarbures présents au moins en traces) :
  - masses amorphes d'allure duveteuse à demi-cohérente,
  - matériel cassant translucide, de couleur ambre, rare.

— des éléments très résistants mais sans structure ni morphologie particulière.

Ainsi, à côté des microfossiles bien conservés et utilisables en paléontologie stratigraphique, les roches sédimentaires contiennent des produits provenant de la destructuration d'organismes animaux ou végétaux morts dont le principal est la *matière organique amorphe*. Dans quelles conditions se forme-t-elle ?

Qu'elle soit d'origine terrestre ou marine, la matière organique *structurée* (débris végétaux, microorganismes), subit des transformations chimiques et physiques lors de la sédimentation. Ces transformations sont très variables selon le site du dépôt. Dès la mort des organismes commence l'altération de la matière organique. Celle-ci est due à l'action combinée :

— des agents chimiques en solution dans l'eau,
— des coagulations physiques ou physico-chimiques,
— des organismes (bactéries, ingestion et transformation par les vers fouisseurs par exemple) à activité bio-chimique.

Cette altération aboutit à la désorganisation d'une bonne part du phytoplancton, des microoragnismes ou des algues benthiques, des débris animaux ou végétaux terrestres, des spores et du pollen. Se sédimente alors, diffuse au sein de la matière minérale, une matière destructurée ou à l'organisation fantomatique.

Il semblerait que les microorganismes jouent un rôle très important dans la formation du débris « sapropélique » amorphe. L'activité microbiologique la plus forte aurait lieu dans les fonds calmes, au niveau de la surface de séparation (interface) eau-vase où régneraient des conditions relativement aérobies ; c'est là que se ferait le passage à l'état totalement amorphe. Au-dessous, au contraire, dans l'interface vase-sédiment plus ou moins consolidé, des conditions anaérobies seraient favorables à la conservation de la matière organique antérieurement transformée. Ainsi, la superposition d'un milieu aérobie à un milieu anaérobie serait essentielle pour la formation d'abord, pour la conservation ensuite, du matériel organique amorphe ultérieurement générateur de pétrole. Inversement un milieu calme à la sédimentation lente mais régulière alimentant une vie benthique importante est celui qu'évoque la présence de matière organique amorphe et il est logique de penser que plus cette matière est abondante plus cet « *environnement* » était accusé au moment du dépôt (ou mieux de la constitution de la roche).

Source : MNHN, Paris

3. — *Les produits de transformation par effet thermique.*

fls ont l'apparence de matériaux brûlés. Ce sont :

— des matériaux noircis ou l'on reconnaît des éléments primaires ou modifiés que l'effet thermique a plus ou moins enrichis en carbone,
— des pyrobitumes et des particules noires sans structure.

Comment mesure-t-on *l'état diagénétique* des matériaux et quelle est sa signification géologique ?

Le contenu organique de certains sédiments anciens est d'une apparence identique à celui de sédiments récents. C'est dire qu'une fois fossilisé au sein d'un sédiment, le contenu organique peut garder la même nature chimique fort longtemps. Dans la plupart des sédiments anciens cependant se produit une transformation chimique de la matière organique, visuellement décelable sur les préparations palynologiques, et dont on admet que l'élévation de température est l'agent essentiel. Celle-ci pourrait être liée soit à la compaction des roches soit aux premiers effets d'un métamorphisme général mais reste assez inexpliquée.

Ce « métamorphisme organique » ou « cométamorphisme » (Landes 1966) modifie en même temps les propriétés physiques. Dans les laboratoires spécialisés on arrive à mesurer la réflectance et la variation de résistivité électrique des matériaux organiques. Au microscope photonique seule la propriété physique de transmissibilité de la lumière peut être évaluée. F. L. Staplin a défini des *indices d'altération par effet thermique* de la matière organique d'après sa couleur plus ou moins sombre :

Indice d'altération :	*Couleur :*
nulle	claire, jaune
faible.	jaune brun
modérée	brun
forte	noir
très forte.....	noir (avec en plus connaissance d'un métamorphisme minéral).

En réalité l'agent thermique n'est pas la cause première de cette altération puisqu'il dépend lui-même de la profondeur d'enfouissement de la roche au cours de la subsidence ou des mouvements tectoniques. Or, cette profondeur détermine aussi la pression interne, second facteur thermodynamique de l'altération. Les éléments organiques des roches se comportent donc, en théorie, comme des paléothermo-bathymètres de la période d'enfouissement maximum (M. Correia 1969).

B. — Intérêt sédimentologique et industriel.

En dehors de l'intérêt stratigraphique qui résulte de l'étude des microfossiles, l'analyse visuelle du contenu organique des roches sédimentaires présente un double intérêt.

a. — **Un intérêt sédimentologique.**

Les sédiments contenant en abondance de la matière organique amorphe se seraient formés dans l'environnement particulier d'un milieu calme de sédimentation continue, régulière et fine favorisant une vie benthique et planctonique importante. Les sédiments ne contenant au contraire que des microorganismes (spores, pollen) ou des débris (bois, cuticules) encore très structurés auraient été plus probablement formés dans un milieu d'apport allochtone massif avec enfouissement et recouvrement immédiats. Il s'agit là d'interprétations déduites des théories de la genèse du sapropèle et non d'observations effectives. Mais pour de tels phénomènes qu'est-ce que l'observation ? Elle ne peut résulter que de la considération statistique des quantités ponctuelles de matière amorphe, de microfossiles, de débris structurés, etc... Nous verrons plus loin que ces interprétations sont justifiées par les faits statistiques (chap. v).

b. — **Un intérêt industriel.**

Dans l'état actuel de la recherche il est encore limité. Pour F. L. Staplin (1969) il serait possible de tester la valeur des sédiments en tant que roches-mères et même d'évaluer, à partir des don-

Source : MNHN, Paris

nées qualitatives et quantitatives du contenu palynologique, quels types d'hydrocarbures ils ont pu engendrer (en quantités infimes au moins), ceci en observant :

1. — La nature des éléments.

F. L. Staplin indique la correspondance suivante :

— matière organique amorphe, sapropélique.....	huile et gaz humide
— cuticules végétales, spores et pollens, débris de charbon.	gaz sec
— mélange des deux catégories.	huile et gaz humide

2. — L'indice d'altération qui donnerait une indication sur les proportions des divers hydrocarbures finalement produits par le sédiment après son histoire diagénétique. Pour un indice faible à modéré, il y a conservation des hydrocarbures « humides » (et de l'huile) ; pour les indices forts tout a été transformé en gaz sec ou même il n'y a plus du tout d'hydrocarbure. Selon F. L. Staplin, les meilleurs « thermomètres » sont les débris organisés et surtout les spores. Au contraire le comportement du phytoplancton serait très variable.

II. — PRODUCTION, DISPERSION ET SÉDIMENTATION DES SPORES ET DU POLLEN DANS LA NATURE ACTUELLE

Avant d'examiner les modalités de l'apport palynologique dans les divers types de dépôts observables sur une plate-forme de sédimentation, il convient de brosser un tableau général de la production sporopollinique et des processus physico-chimiques et sédimentologiques conditionnant le transport et la fossilisation des spores et des pollens dans le monde actuel. Cette observation directe des phénomènes en train de se faire permettra de désigner les agents de transport et de fixer la part plus ou moins déterminante de leur action selon les lieux de sédimentation finale.

A. — Production des spores et du pollen.

Ce sont les éléments reproducteurs des végétaux ; ils sont microscopiques et unicellulaires. Les spores sont produites par les végétaux inférieurs et l'énorme majorité de celles qui sont rencontrées dans les sédiments est à attribuer à des Ptéridophytes. Spores mâles ou microspores et spores femelles ou macrospores sont destinées à développer des prothalles qui produiront des gamètes. L'habitude en palynologie est de désigner les premières par le terme général de spores alors qu'on spécifie celui de macrospores pour désigner les secondes.

Les plantes supérieures se reproduisent par la fécondation des gamètes de sexes opposés produits directement par les individus adultes au sein de la fleur. Le grain de pollen est l'organe microscopique transportant le gamète mâle jusqu'à l'ovule chez les Gymnospermes, jusqu'à l'entrée du stigmate chez les Angiospermes.

Une différence essentielle sépare donc les spores des pollens : les premières ne sont pas en général destinées à être dispersées ; les secondes doivent atteindre un ovule situé dans une fleur généralement suspendue et effectuer un voyage dans ce but précis. De nombreuses plantes supérieures ont supprimé la nécessité de ce voyage : pollen et ovules sont produits dans la même fleur et le premier fertilise directement les seconds. Mais pour la majorité des plantes supérieures, surtout celles de grande importance phytosociologique, ce processus n'existe pas. C'est le cas en particulier des Gymnospermes auxquelles, nous le verrons, il y a lieu d'attribuer la majeure partie des pollens du Mésozoïque saharien.

Dès qu'ils sont libérés des appareils où ils sont produits (sporanges, étamines), spores et pollens entreprennent donc leur fonction reproductrice. En réalité bien peu les réalisent. La plupart sont dispersés ou perdus et leurs protoplasmes sont desséchés ou détruits ; les enveloppes résistantes constituent alors des particules inertes (sans vie) soumises aux agents généraux physico-chimiques de la nature, *des particules sédimentaires*.

Source : MNHN, Paris

B. — Transport et fossilisation des spores.

Nous l'avons déjà vu, la dissémination des spores n'est pas en général une nécessité biologique. Les spores tombent sur le substratum où elles développent sur place des prothalles microscopiques. Mais toutes ne trouvent pas un milieu de développement favorable (sol trop sec par exemple) de sorte que les phénomènes du hasard et surtout le ruissellement à la surface des sols provoquent l'enfouissement rapide d'une bonne part d'entre elles qui sont donc fossilisées sur place ou reprises par les eaux de ruissellement et les cours d'eau et drainées par étapes successives vers des aires de sédimentation provisoires ou définitives. Selon la nature des sols elles subissent d'ailleurs auparavant une corrosion physico-chimique plus ou moins importante de la même manière que les pollens ; j'exposerai brièvement ces phénomènes à propos de ces derniers.

En résumé, bien qu'on puisse imaginer que certaines spores soient éventuellement soulevées et déplacées par les vents (en même temps que des éléments sablonneux ou poussiéreux par exemple), l'agent de transport essentiel et permanent jusqu'à la sédimentation finale est de nature *hydrodynamique*.

C. — La dispersion naturelle du pollen. Importance et caractéristiques des apports aériens.

La pollinisation peut s'effectuer selon des modalités très diverses. Lorsqu'un voyage aérien est nécessaire, celui-ci peut être très court : chez certaines espèces, le pollen lourd tombe verticalement ou bien est éjecté par les mécanismes divers ; s'il n'a pas rencontré la fleur au cours de sa chute, il atterrit et son histoire s'identifie à celle des spores. Mais pour la plupart des groupements végétaux de grande importance phytosociologique, la pollinisation par le vent (anémogamie) est de loin la plus fréquente.

Au hasard de son voyage le pollen a une chance très faible de rencontrer une fleur. L'ensemble des pollens ainsi élevés dans les airs et transportés par les vents constitue l'*aéroplancton*. Le voyage du grain dépend naturellement des conditions météorologiques (force du vent, direction) mais aussi de sa flottabilité, fonction directe de sa vitesse de chute propre obéissant à la loi de Stokes [1]. Les pollens anémogames ont tous une vitesse de chute faible comparée à celle des autres pollens, mais des différences sensibles s'observent entre eux : le Pin sylvestre, par exemple a une vitesse Vk = 2,93 tandis que le Genévrier à une vitesse Vk = 0,89. Je ne cite pas cet exemple au hasard. Très fréquente est en effet l'idée que les pollens à deux ballonnets sont les plus anémophiles ; ce sont au contraire les petits pollens plus ou moins discoïdaux, ou à la forme « discoïde-conchoïdale » qui ont la dissémination horizontale la plus forte. Naturellement, l'abondance et la variété de l'aéroplancton sont liées à celles de la végétation de l'aire continentale. Une aire continentale et ses alentours marins ou océaniques est ainsi le siège d'une sédimentation aéroplanctonique, dont l'abondance et la variété décroissent d'une manière générale avec l'éloignement des zones de végétation. Il existe ainsi, du moins en théorie, une zone d'apport pollinique généralisée, à gradient quantitatif directionnel et où se répartit assez uniformément un « fond microfloristique » auquel les apports hydrodynamiques viendront localement s'ajouter. On voit alors la signification que peut revêtir un spectre pollinique d'un sédiment marin par exemple, qui n'offrirait que quelques pollens de grande diffusion aérienne à l'exclusion de spores ; il évoquerait un lieu de sédimentation assez éloigné pour n'être pas nourri par les apports des eaux continentales, assez proche toutefois pour recevoir l'apport aérien au moins partiel.

1. P. Jaeger (1959) en donne la formule suivante :

$$Vk = \frac{2}{9} \times \frac{g}{n} \times r^2 (s - d)$$ où

g = accélération, n = résistance de l'air, d = densité de l'air, s = densité du grain, r = diamètre du grain.

Source : MNHN, Paris

Si une partie de l'aéroplancton se dépose dans les mers et les océans environnant l'aire continentale, la plus grosse part atterrit en fait sur l'aire continentale elle-même, tombant parfois dans les lacs, les rivières ou les marais, mais surtout sur le continent ferme, c'est-à-dire sur les roches et les sols. L'histoire du pollen ainsi déposé se confond alors plus ou moins avec celle des spores et du pollen autochtone, subissant d'abord une corrosion physico-chimique plus ou moins intense due aux agents atmosphériques et pouvant aboutir à la destruction partielle ou totale selon la nature des agents, selon la nature des grains également [1]. Les spores et les pollens ayant survécu à ce stade sub-aérien de corrosion moyenne entrent ensuite dans le jeu de la sédimentation détritique générale.

D. — Importance et caractéristiques des apports fluviatiles.

Les quelques études sur le charriage par les fleuves des spores, pollens et matériaux organiques (J. Groot, 1967) établissent que l'apport palynologique par les réseaux fluviatiles est considérable. En plus d'un chargement en débris et en matière organique amorphe, le réseau fluviatile draine en quelque sorte la microflore de tout un bassin continental, c'est-à-dire la quasi-totalité des pollens de l'aéroplancton reprise par les eaux d'une part, les spores et pollens tombés sur les roches ou enfouis dans les sols et entraînés directement par les eaux de ruissellement d'autre part.

Le charriage au sein des eaux et le dépôt dans les zones de déversement se font avec les mêmes lois que celles auxquelles sont soumises les particules minérales. Étudiant les grains de pollen en suspension dans l'estuaire du fleuve Delaware (États-Unis) J. Groot écrit (1967, p. 409) : « it appears to be a relation ship between the number of pollen grains and the quantity of mineral matter in suspension suggesting that the two types of particles are transported together and in similar fashion, that is by water currents primaly ». Comme pour les particules minérales, la dispersion des spores et des pollens au large des côtes, puis leur dépôt au fond des mers se font en fonction de la taille, de la forme et de la densité.

Du point de vue de la phytosociologie, l'étude de S. Saad et S. Sami (1967) sur les récents dépôts du Nil, bien que très localisée, est pleine d'intérêt. Ces auteurs ont analysé une trentaine de mètres de sédiments argileux ou argilo-sableux du delta du Nil au Sud de Rosette ; ce sont des sédiments deltaïques continentaux, reposant sur des sables deltaïques marins (ceci est à souligner car nous sommes là dans le cas de dépôts deltaïques où alternent le continental et le marin). Les résultats mettent en relief l'existence dans ces sédiments d'une microflore locale (pollens de *Cyperus papyrus* P., de divers *Tamarix*, d'*Acacia nilotica* (L.) Del., d'*Hyphaena thebaïca* Marc.) et d'une microflore allochtone : spores attribuées aux genres *Dryopteris*, *Adantium*, pollens de Podocarpus, espèces vivant dans les régions équatoriales d'Afrique centrale (Éthiopie, Extrême-Sud du Soudan). Ainsi, un grand fleuve peut drainer un hinterland extrêmement lointain où les conditions de climat et d'altitude, donc de végétation, peuvent être extrêmement différentes de celles de la zone où se déposent les sédiments terrigènes charriés ; des microflores de provinces végétales très différentes peuvent alors se trouver mêlées au sein d'un même sédiment. A son tour, la microflore du delta du Nil est elle-même transportée par le fleuve jusqu'en Méditerranée : les pollens de *Cyperus* et d'*Hyphaena thebaïca* en particulier sont retrouvés dans les sédiments pléistocènes et actuels des côtes d'Israël où ils sont allochtones (Rossignol, 1961, 1962).

En résumé, l'apport des éléments palynologiques continentaux par les cours d'eau dans les sédiments deltaïques continentaux, lagunaires ou marins est très important. Ceci a été établi d'une façon précise par Muller (1959) et confirmé par les palynologues pétroliers les plus expérimentés (Hopping 1967). En outre, les courants marins prolongeant l'action des fleuves dispersent une bonne part de ces éléments continentaux dans les lieux de sédimentation marine les plus divers, côtiers néritiques et même bathiaux. Tandis que l'apport par le vent ne concerne que les pollens adaptés, l'apport par les eaux n'est pas sélectif et concerne toutes les formes et tailles ; en particulier l'eau est le seul véhi-

1. La partie corrodée constituera une faible part de la matière organique amorphe des sols, reprise d'ailleurs par les eaux de ruissellement.

Source : MNHN, Paris

cule des spores, surtout des spores épaisses. D'une manière générale l'apport palynologique d'origine fluviatile se caractérise par une grande richesse et une grande variété de formes sporopolliniques avec une abondance de spores toujours notable. Mais il va de soi que si les spectres polliniques représentent l'ensemble de la végétation du bassin continental drainé, les associations phytosociologiques ne sauraient s'y retrouver.

E. — La sédimentation pollinique en milieu marin.

Elle est extrêmement variable selon les endroits et liée à la quantité de matériel terrigène parvenant au lieu considéré. D'une manière générale elle est plus forte dans la zone néritique que vers le large, mais on observe des variations locales dépendant étroitement des conditions géographiques. Dans la zone néritique, par exemple, elle peut être très forte dans un estuaire et très faible prés d'une côte au climat trés aride sans riviére se jetant à la mer. Traverse et Ginsburg (1966) ont étudié la sédimentation pollinique sur les hauts fonds récifaux entourant les îles Bahamas. Ils établissent que la concentration du pollen anémogame de pin par exemple est particulièrement forte dans une zone côtière de 30 à 60 miles de large (T. et G. fig. 6, p. 429). Ils observent également des points exceptionnels de très forte concentration dans cette zone. Un autre pollen inaperturé, épineux, d'appartenance botanique inconnue, appelé par les auteurs Varia 1, est considéré par eux comme un pollen hydrogame : or il présente une répartition à peu prés analogue à celle du pollen de pin. Traverse et Ginsburg expliquent cette analogie de répartition de la manière suivante : les pollens seraient d'abord dispersés dans l'eau de mer par les agents de dispersion générale (vents, cours d'eau) ; ensuite ils se comportent dans la mer d'une manière analogue à celle des particules minérales. Ces auteurs écrivent (p. 432) : « Both kinds of fine particles, organic and mineral can be keept in suspension as long as the water is turbulent, and they will settle to the bottom primaly in areas of quiet water ».

Comment se fait loin des côtes la diffusion et la sédimentation des spores et des pollens ? Pour J. Groot et C. Groot (1966) tous les sédiments marins fins de provenance terrigéne au moins partielle (« lutites ») contiennent du pollen même lorsque le lieu de dépôt est situé à plusieurs centaines de kilométres du continent nourricier. Ces auteurs considèrent comme valables les résultats donnés par Erdtman (1943) et Dyakowska (1948) selon lesquels 90 % des pollens de l'aéroplancton ne se déposent dans les mers que sur une bande côtiére de 100 kilométres de large environ. Ainsi les pollens trouvés trés loin des côtes seraient apportés par les courants marins. De même selon D. B. Williams *(in* J. Groot et C. Groot 1966) les fonds de l'Atlantique nord montrent que d'une façon générale l'abondance du pollen décroît avec l'éloignement de la côte ; il s'agit lá d'observations concernant des fonds océaniques bathyaux inexistants dans la sédimentation de plate-forme mais valables en général.

F. — Conclusions.

Considérant l'ensemble des observations faites dans le monde actuel, il apparaît que l'apport aéroplanctonique est général : il s'effectue sur l'aire continentale elle-même, les lagunes, les mers et les océans qui l'entourent. Cet apport est exclusivement pollínique et dans l'ensemble faible. De plus son abondance décroît avec l'éloignement des aires de production. Contribuent également à un *apport général* dans les mers les petits fleuves et rivières côtiers déversant en des points rapprochés la microflore avoisinante comprenant, en plus des pollens, des spores et des débris végétaux. Il va de soi cependant que si ces rivières et fleuves côtiers ne traversent que des zones à la végétation très pauvre, leur apport est très minime.

Quant aux grands fleuves traversant de vastes aires continentales, ils déversent au sein des lagunes et des mers des apports palynologiques énormes et d'une diversité extrême, mais dans l'ensemble localisés aux seules zones d'épandage des matériaux charriés : il s'agit donc d'*apports locaux*, c'est-à-dire allochtones mais limités à des zones privilégiées, plus ou moins restreintes, déterminées par les conditions géographiques (richesse floristique de l'hinterland, débit du fleuve, compétence des eaux, etc...).

Source : MNHN, Paris

En résumé l'observation directe du phénomène palynologique en donne une explication dynamique mais les conclusions qu'on peut en tirer sont insuffisantes pour mettre au point une méthode pratique d'interprétation paléogéographique à partir du contenu palynologique fossile.

III. — LE CONTENU PALYNOLOGIQUE DE SÉDIMENTS ACTUELS OU ANCIENS COMPARABLES PAR LEUR FACIÉS Á CEUX DES PLATES-FORMES DE SÉDIMENTATION PÉRICONTINENTALES

Le problème en géologie est d'interpréter la nature du milieu de dépôt d'après le contenu palynologique. Ceci ne peut être fait que par comparaison avec des sédiments actuels ou anciens dont précisément on connaît avec certitude le milieu de dépôt. En fait les sédiments des plates-formes de sédimentation péricontinentales sont extrêmement variés car il s'agit de régions soumises en permanence aux influences marines et continentales alternées ou simultanées. Le Mésozoïque saharien est en une illustration éloquente ; il offre toute une gamme de sédiments dont le faciès ne permet pas d'indiquer le milieu de dépôt précis, mais souvent ces sédiments évoluent dans telle ou telle direction vers un faciés type et on reconnaît :

— une sédimentation exclusivement détritique dans les zones marginales du bassin, côté continent.
— une sédimentation argilo-détritique de type deltaïque sans qu'on sache toujours s'il s'agit de continental, de lagunaire ou de marin.
— une sédimentation à évaporites et carbonates alternés lagunaire,
— une sédimentation évaporitique massive,
— une sédimentation calcaire marine, récifale néritique ou pélagique.

Dans ce paragraphe sur des exemples extraits de la bibliographie ou analysés dans ce but, j'étudierai les caractéristiques de la sédimentation palynologique dans des sédiments en cours de formation ou anciens, dont on connaît les milieux de dépôt et dont le faciès correspond à l'un des faciés-types énumérés ci-dessus.

On verra successivement :

— les sols et les sédiments détritiques actuels du Darfour (Soudan), les « Grès de Nubie », les sédiments particuliers (diatomites, dépôts lacustres ou fluviatiles) du Quaternaire saharien,
— les dépôts deltaïques continentaux ou lagunaires du Wealdien anglais,
— les évaporites plio-pleistocènes de la Mer Morte,
— les dépôts calcaires actuels subrécifaux des Iles Bahamas,
— le détritique marin du Sénonien supérieur du Sénégal.

A. — Caractéristiques palynologiques de la sédimentation détritique continentale actuelle ou ancienne au Darfour (Soudan).

La fossilisation pollinique continentale est extrêmement variable selon les climats. Le monde actuel fourmille d'exemples soulignant l'importance de cette fossilisation, exemples retrouvés à toutes les périodes géologiques plus ou moins reculées : les tourbières, les sédiments lacustres, les lignites, les charbons, les diatomites sont des sédiments bien souvent exclusivement datés par les spores et les pollens. Mais ce sont là des sédiments très particuliers et souvent exceptionnels à l'échelle d'une aire continentale pour une époque donnée : ce sont en outre des sédiments de continents humides. Dans le Mésozoïque saharien, la part de ces faciès très particuliers est extrêmement réduite. La sédi-

Source : MNHN, Paris

mentation détritique grossière constitue de loin la majeure partie des sédiments continentaux. Pratiquement exclusive tout au cours du Secondaire dans les zones marginales du bassin de sédimentation saharien, elle se caractérise toujours par une extrême pauvreté palynologique. Afin de tenter d'expliquer ce fait à la fois général et décevant, j'ai procédé à l'analyse pollinique de sédiments détritiques « sub-aériens » actuels du Darfour ainsi que des grés de Nubie de cette région. Ces formations présentent en effet des conditions de gisement très comparables à celles des séries détritiques du Mésozoïque saharien.

1. — *Les sols et les sédiments détritiques actuels du Darfour (Soudan).*

Au cours d'un voyage au Darfour (été 1967) j'ai prélevé des échantillons de sols et de sédiments actuels mais déjà consolidés afin d'étudier les modalités de la fossilisation palynologique dans ces formations très détritiques continentales. Ces sédiments constituent des dépôts présentant les caractères suivants :

— très minces et superficiels ils sont généralisés à l'échelle du pays donc de grande extension comparable à celle d'une formation géologique.
— essentiellement quartzeux ils présentent par leur disposition sédimentologique des analogies avec les Grès de Nubie ou les séries gréseuses du « Continental Intercalaire ».
— les conditions climatologiques dans lesquelles ils se forment sont directement observables.

a. — **La climatologie et le processus de formation des sédiments clastiques superficiels.**

Le Darfour est la région extrême occidentale du Soudan située presque au centre géographique de l'Afrique nord-équatoriale. Très schématiquement, c'est un immense plateau d'altitude assez élevée (de 700 à 1 000 m), avec, disséminés, des massifs montagneux cristallins (Inselbergs) ou volcaniques (volcanisme tertiaire et quaternaire : C. Coulon et Y. Reyre 1968). La structure géologique d'ensemble (F. Delany 1961) y est très simple : le socle africain métamorphique et granitique affleure en immenses étendues planes dés que la mince pellicule des grès de Nubie est érodée. Schistes, gneiss, quartzites, granites du socle, ainsi que les grés fins, les grés grossiers, les passées à dragées, les quartzites et les argiles gréseuses de la formation des grès de Nubie, s'altérent plus ou moins profondément sous l'effet du climat.

Çà et là, reposant directement sur la formation géologique sous-jacente, s'observent des arénes ou des sols très superficiels où l'on reconnaît les minéraux des roches sous-jacentes, plus ou moins altérés (micas altérés, feldspaths altérés blanchâtres, etc...) parmi lesquels domine le quartz.

Le climat de cette région de type *tropical sec* est caractérisé par une forte chaleur (moyenne annuelle des températures très élevée) et par l'alternance d'une courte période humide caractérisée par des pluies torrentielles et des tornades localisées. Ces tornades orageuses (2 mois environ par an) provoquent naturellement une forte érosion des moindres reliefs emportant les arènes de décomposition vers les points bas ; mais même à la surface des immenses plateaux très plats, ces tornades remanient ces arènes et ces sols provenant de l'altération superficielle des roches et les déplacent sur des distances variables, généralement peu importantes : de quelques dizaines de métres en terrain plat dont les microdénivellations sont ainsi comblées à quelques kilomètres lorsqu'un vague réseau fluviatile provisoire et de pente toujours trés faible collecte une bonne partie des eaux de la tornade. Dès la fin de la tornade la force hydrodynamique motrice chute brutalement ; il s'ensuit le dépôt instantané des éléments clastiques plus ou moins grossiers roulés ou poussés par l'eau à la surface du fond sablonneux. L'épaisseur de matériel ainsi déposé après une seule tornade peut aller de quelques centimétres à plusieurs mètres. Ce matériel se dépose soit directement sur la formation géologique locale, soit sur du matériel identique antérieurement déposé. Il est à son tour soit remanié au cours d'une tornade suivante, soit recouvert par des apports ultérieurs. On assiste ainsi à une sorte de comblement et de nivellement des zones basses d'un immense plateau cristallin par le jeu de conditions atmosphériques particulières provoquant à la fois une intense altération des roches suivie d'une érosion et une sédimentation détritique locale à vecteur hydrodynamique violent et instantané, sédimentation de caractére épisodique donnant par superposition des phases successives un dépôt d'apparence anarchique et désordonné.

Source : MNHN, Paris

b. — **Description des sédiments.**

Dans ces sédiments actuels mal consolidés et très quartzeux, observés au sein de très larges lits fluviatiles ou dans de vastes zones d'épandage au Darfour on peut observer les dispositions sédimentologiques suivantes :

1. — Sables peu consolidés de granulométrie à peu près homogène.

2. — Sables contenant également des graviers et des galets de forme anguleuse, galets de roches du socle ou bien le plus souvent de quartz. La granulométrie est très hétérogène, l'aspect est chaotique et on observe souvent un curieux phénomène : des galets de plusieurs centimètres, voire de la taille du décimètre y reposent sur des sables fins et bien granuloclassés comme s'ils avaient été roulés sur le sable par la force hydrodynamique.

3. — Sables et petits graviers montrant des plans obliques où la densité en gros graviers et galets est forte. On observe parfois plusieurs de ces couches superposées, le tout donnant l'apparence d'une stratification entrecroisée.

4. — Sables fins de quartz et minéraux divers mêlés de phyllites et de limons blanchâtres ou rosés. Toutes ces particules sont granuloclassées. Le cycle de granuloclassement de l'ordre de 1 à quelques centimètres ; certains plans sont constitués exclusivement de phyllites et de fines paillettes de mica ; d'autres de minéraux plus grossiers. Mais de telles couches ont en général une granulométrie moyenne très fine.

5. — Passées très minces (1 à 2 cm) de phyllites souvent blanchâtres, produits de décomposition de feldspaths et de minéraux divers. Ces passées se consolident rapidement après le séchage et deviennent poudreuses au doigt.

En général au lendemain d'une tornade, il est facile de reconnaître sur le terrain (dans les vastes lits fluviatiles très peu profonds et mal délimités, dans les faibles dénivellations du terrain, dans les zones d'épandage) les sédiments fraîchement déposés. On trouve rarement la superposition des divers types de dépôt décrits ci-dessus. En général, en chaque endroit a eu lieu une seule forme de dépôt. Lorsqu'on observe des superpositions de plusieurs zones, il semble qu'elles résultent d'apports successifs. L'ensemble donne une impression d'anarchie et de chaos, car suivant les endroits l'un quelconque des types de dépôt peut se superposer à un autre (voir planche 48 ainsi que les légendes).

En résumé la sédimentation détritique continentale brièvement décrite ci-dessus est, par ses modalités et son apparence, différente de la sédimentation détritique au sein des lacs et lagunes ou des zones d'épandage deltaïques. Il s'agirait là d'une sédimentation détritique en quelque sorte « aérienne » par opposition à la sédimentation détritique fluviatile et lagunaire qui s'effectue au sein d'une masse d'eau alimentée en permanence. Aucune étude sédimentologique précise n'a été effectuée sur ces dépôts actuels mais les figures de sédimentation qu'on y aperçoit, le caractère désordonné de la lithologie, l'alternance de zones aux passages latéraux fréquents et observables sur quelques mètres avec des couches de grande étendue présentant au contraire un granuloclassement régulier sont autant d'analogie avec les caractères des Grès de Nubie (Pl. 48, fig. 4) ou de certaines séries gréseuses du « Continental intercalaire ». Il était donc intéressant de connaître l'apport palynologique dans ces sédiments actuels aux conditions de formation directement observables, afin de pouvoir le comparer à celui des séries gréseuses « continentales » du Mésozoïque saharien.

c. — **Prélèvement des échantillons et résultats palynologiques.**

La végétation du Darfour est de densité moyenne et d'une grande diversité (P. Quézel 1969). La saison des pluies est aussi celle de la floraison des arbustes et des grandes prairies de Graminées dont on connaît la pollinisation anémogame. Il existe donc au Darfour, du moins dans la première partie de la saison des pluies une production pollinique locale importante et un aéroplancton hélas non évalué. A la fin de la saison des pluies j'ai prélevé pour les soumettre à l'analyse pollinique des échantillons de sols, d'arènes, de sédiments détritiques déjà consolidés bien que fraîchement déposés.

Source : MNHN, Paris

α. — Les sols.

A l'exception de ceux qui sont situés au pied ou à la surface des épanchements basaltiques, tous les sols de la région du Darfour ont un constituant commun, le quartz. La pédologie et la classification de ces sols est abordée par P. Quézel (1969). Alors que les affleurements à nu du socle africain ou des Grès de Nubie ont lieu sur de très vastes surfaces, les petites plaines d'épandage, les fonds de cuvettes, les terrasses de rivières sont tapissées d'un sol souvent constitué de limons plus ou moins fins, d'une fraction argileuse jaunâtre ou rougeâtre et de minéraux clastiques parmi lesquels le quartz domine largement. Ce sont donc pour la plupart des sols sablonneux, mais souvent boueux à la saison des pluies, meubles et poussiéreux à la saison sèche.

Afin d'y effectuer des analyses-tests, des échantillons ont été prélevés à la fin de la saison des pluies :

— 10 échantillons de limons sablonneux dans les plantations de mil autour d'El Fasher (El Fasher, 1/250.000e, 25°20′ long. E, 13°40′ lat. N).

— 10 échantillons de limons argileux et sablonneux fins dans les prairies de « cram-cram », non local d'une graminée du genre *Aristida*, au pied des Wana Hills (El Fasher 1/250.000e, 25°7′ E, 13°55′ N).

Résultats :

- 4 des échantillons du premier lot seulement contiennent du pollen indéterminé (dont une proportion majoritaire de pollen de Graminées, production en grande partie *in situ*, et des pollens tricolpés et tricolporés, production vraisemblablement plus allochtone), ainsi que des cuticules bien conservées et divers débris organiques indéterminés.
- Les 10 échantillons du second lot contiennent en quantités très faibles du pollen (indéterminé là aussi) ainsi que des débris de matière organique indéterminés.

β. — Les sédiments actuels.

Il s'agit de prélèvements dans les passées fines de sédiments ci-dessus décrits. Ont été sélectionnés en divers endroits de la région de Kutum (Kutum 1/250.000e) :

— 10 échantillons du type de dépôt 1 (sables moyens, bien calibrés),
— 10 échantillons du type de dépôt 4 (sables très fins et argiles blanchâtres ou rosés),
— 10 échantillons du type de dépôt 5 (phyllites blanchâtres).

Résultats :

Traités par une méthode standard qui sera exposée plus loin ces échantillons ont livré :

- aucun pollen,
- de très rares débris de vaisseaux de bois déjà carbonisés,
- quelques débris indéterminés presque opaques, de forme très variable mais de nature organique, analogue à ceux photographiés Pl. 48, fig. 4.

En résumé, on observe dans les sols du Darfour une fossilisation effective quoique faible de pollens locaux et de débris cuticulaires ou ligneux mais il semble que les conditions climatiques ou les remaniements violents des sols et des arènes qu'elles provoquent entraînent une corrosion chimique ou mécanique rapide de sorte que les matériaux détritiques fraîchement déposés sont déjà pratiquement dépourvus de contenu palynologique.

2. — *Les Grès de Nubie.*

Dans les régions centrale et occidentale du Soudan l'origine franchement continentale de cette formation ne fait aucun doute. Les grès de Nubie sont considérés là comme pouvant aller du Crétacé moyen au Crétacé supérieur, mais le seul fossile rencontré dans ces sédiments est le *Weichsellia reticulata* S. et W. dont on connaît hélas la présence au Sahara aussi bien dans des niveaux du Juras-

Source : MNHN, Paris

sique que dans ceux du Crétacé inférieur. Il était donc intéressant de savoir si cette sédimentation continentale, qualifiée de fluvio-deltaïque (F. Delany 1954) était fossilifère en pollens [1].

Deux sondages traversant cette formation ont été partiellement étudiés :

— 8 échantillons du sondage Shag El Zaraf (Sheet 54 K Kaja Serug 1/250.000e, 13°40′ N ; 270°17′ E.).

— 30 échantillons du sondage Guresha (région du Blue Nile, numéroté 2 079 par le « Geological Survey of Sudan ») entre les profondeurs 5 pieds à 490 pieds.

Résultats :

Également traités par la méthode standard exposée plus loin ces 38 échantillons, qu'ils soient gréseux très grossiers ou finement gréseux ou même argileux, ont livré :

- aucun pollen, aucune spore ;
- de très rares débris carbonisés de vaisseaux de bois ;
- quelques débris indéterminés opaques analogues à ceux observés dans les sédiments actuels du Darfour (voir Pl. 48, fig. 4).

En résumé, malgré leur épaisseur et leur caractère de véritable formation géologique, les grès de Nubie, au moins dans une grande partie du Soudan où ils sont franchement continentaux, ont un contenu palynologique quasiment nul, analogue à celui des sédiments détritiques superficiels du Darfour.

3. — *Les dépôts de la dernière période pluviale du Quaternaire saharien* (Quézel et Pons 1956 ; Quézel et Martinez 1958).

Nous verrons que les séries gréseuses « continentales » du Mésozoïque saharien sont, comme les dépôts détritiques superficiels actuels ou les grès de Nubie du Darfour, pratiquement dépourvues de contenu palynologique. La seule possibilité de datation de ces séries par la palynologie sera due à la présence plus ou moins exceptionnelle de passées minces mais très riches. Par exemple, ce sont les rares passées d'argiles grises qui, au sein du Trias gréseux révéleront l'abondante microflore de Coniférales de l'époque. Comment peut s'expliquer la présence de ces minces passées fossilifères au sein des épaisses séries continentales sans microflore ?

Précisément le Quaternaire saharien offre des exemples de sédiments exceptionnels du point de vue palynologique constituant des passées localisées et de faible importance volumétrique comparables à celles qu'on peut rencontrer dans les séries marginales du Mésozoïque saharien.

Par l'analyse pollinique P. Quézel et A. Pons (1956), ainsi que P. Quézel et C. Martinez (1958), ont pu reconnaître les essences sahariennes de la dernière période pluviale du Quaternaire. Deux constatations peuvent être extraites de l'exposé de leurs résultats :

— Les échantillons fossilifères cités par les auteurs sont :

- des dépôts lacustres,
- des diatomites,
- des tufs volcaniques (en réalité cendres volcaniques sédimentées dans les lacs fossiles du Borkou),
- des couches alluviales incluses dans des coulées volcaniques,
- des guanos,
- des « remplissages d'abris sous roche »,

c'est-à-dire des sédiments très particuliers et d'une importance tout à fait minime à l'échelle d'une aire continentale ; ils correspondent soit à des dépôts aquatiques localisés, soit à des dépôts aériens particuliers assurant un ensevelissement immédiat.

1. Il s'agissait aussi de dater précisément cette formation au Darfour, ce que l'absence de pollens n'a naturellement pas permis.

Source : MNHN, Paris

— Dans les sédiments lacustres et les diatomites du Borkou, les pollens le plus abondamment rencontrés sont ceux de *Juniperus*, de *Callitris*, de *Cupressus*, de *Pinus halepensis* et d'*Ephedra tilhoana*, c'est-à-dire des pollens anémogames. Il s'agit là aussi de pollens de l'aéroplancton déposés dans des milieux continentaux particulièrement favorables à la fossilisation. Remarquons d'ailleurs que cet aéroplancton est constitué, pour une bonne part, de pollens produits par des genres botaniques, voire des espèces, déjà les plus représentés dans les sédiments secondaires du Sahara. Ce fait n'est pas sans intérêt pour l'évocation du climat de cette époque.

4. — *Conclusions.*

Dans cette partie centrale de l'Afrique actuelle, où sévit un climat de type tropical sec, une végétation de densité très moyenne suffit à engendrer une production palynologique continentale (pollens, débris de bois, cuticules) non négligeable et retrouvée dans les sols, au moins à la période favorable de la fin de la saison humide ; il apparaît cependant que l'action destructrice des agents atmosphériques locaux est très forte et pratiquement instantanée puisque des matériaux très fraîchement remaniés et sédimentés ne contiennent plus que quelques débris noircis très résistants ; enfin les résultats palynologiques observés dans les dépôts continentaux de la formation des Grès de Nubie sont très voisins de ceux des dépôts superficiels actuels du Darfour et tout aussi pauvres (débris indéterminés noircis). On peut dire que l'absence presque totale d'éléments palynologiques caractérise le faciès gréseux purement continental du moins sous le climat actuel du continent africain nord-équatorial. Toutefois l'exemple du Quaternaire saharien montre que certains milieux de dépôts favorables à la fossilisation de l'aéroplancton peuvent exister au sein de sédiments continentaux « sub-aériens » en général sans microflore. En ce qui concerne le Mésozoïque saharien, nous verrons que les grossières séries gréseuses marginales du bassin présentent également un contenu palynologique d'une extrême pauvreté, réduit à de rares débris cuticulaires ou ligneux noircis : ce type de contenu palynologique sera considéré dans le présent travail comme caractéristique d'un milieu de dépôt continental « sub-aérien ». Seule la découverte de passées fossilifères « exceptionnelles » peut permettre de dater de telles séries.

Les caractéristiques palynologiques communes à la sédimentation « sub-aérienne » actuelle des pays tropicaux et à certaines séries du Mésozoïque saharien permettent-elles de conclure à l'identité des conditions climatiques et à celle des processus sédimentaires ? Du point de vue climatique nous verrons qu'il devait exister comme aujourd'hui des provinces très différentes. Au Crétacé inférieur et moyen par exemple, à côté des Ephedracées et des Welvitschiacées évoquant un climat chaud plutôt sec, il existait aussi des Araucariacées indiquant un climat chaud humide. Quant aux processus de la sédimentation l'épaisseur et l'immensité des séries mésozoïques peuvent faire songer à un transport par d'énormes masses d'eau. Il n'est pourtant pas impossible qu'au moins la genèse du matériel détritique ait eu lieu dans des provinces « sèches » de l'hinterland dans des conditions comparables à celles trop brièvement observées au Darfour.

B. — La répartition des spores et pollens et du microplancton de nature organique dans les dépôts deltaïques lagunaires du Wealdien anglais

(N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart 1967).

Nous avons vu ci-dessus que les apports palynologiques par les grands fleuves drainant un vaste bassin continental sont très importants. Les matériaux terrigènes charriés sont déposés dans la zone d'épandage soit dans la partie basse du domaine encore continental, soit dans la lagune transitoire avec le milieu marin et généralement peu profonde, soit dans le milieu marin franc. N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967) ont essayé d'établir des relations entre la granulométrie des spores et celle des particules minérales dans les dépôts du Wealdien inférieur d'Angleterre. J'ai retenu les résultats de cette étude pour une comparaison avec certains sédiments du Mésozoïque saharien parce qu'elle concerne, selon les auteurs, un matériel terrigène apporté par les fleuves et déposé sur une surface

Source : MNHN, Paris

étalée, au sein d'une masse d'eau peu profonde, conditions qui semblent avoir prévalu à certaines périodes du Secondaire au Sahara.

N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart ont prélevé dans un horizon daté du Berriasien-Valanginien inférieur 25 échantillons qu'ils ont classés en cinq groupes selon la granulométrie moyenne décroissante. Ces échantillons de plus en plus fins pourraient correspondre à des dépôts de plus en plus éloignés de la zone de provenance terrigène en direction du domaine laguno-marin.

Les résidus palynologiques ont été soumis à un comptage systématique des groupes suivants :

— spores de taille 50 μ,
— spores de taille 30 à 50 μ,
— spores de taille 30 μ,
— pollens biailés,
— Classopollis,
— microplancton organique.

Les auteurs font état (*ibid.*, fig. 1, 2, 3) des résultats suivants : un sédiment grossier contient beaucoup de spores grandes, des spores moyennes, très peu de petites spores ainsi que de grands pollens ; un sédiment fin contient beaucoup de petites spores, peu de spores moyennes, beaucoup de petits pollens. De même les sédiments les plus fins ont la proportion d'Hystrichosphères la plus forte. Il s'agit là d'un élément indicateur d'un milieu lagunaire saumâtre.

Ainsi, la composition globale d'un résidu palynologique serait directement liée, plus qu'à la nature du sédiment, à l'éloignement ou à la proximité relatifs de l'environnement végétal et du milieu marin, bref à la localisation géographique du lieu de dépôt. Dans les sédiments anciens son analyse permettrait sinon de proposer une localisation paléogéographique précise du lieu de dépôt, au moins de traduire l'intensité des influences marines ou continentales en ce lieu. Ces observations sont-elles d'une portée générale ? Dans le cas précis du Wealdien anglais, en tout cas, le « *palynogical facies* » semble être un excellent outil de reconstitution paléographique.

C. — Les sédiments évaporitiques plio-pléistocènes de la Mer Morte (A. Horowitz et I. Zak, 1968).

Nous avons vu quelle importance volumétrique ont les évaporites dans le Mésozoïque saharien, au Trias et au Lias-Dogger inférieur en particulier. Dans certains sondages, l'épaisseur cumulée du sel, ou de l'anhydrite peut dépasser le millier de mètres. Je rappelle également que le milieu de dépôt de ces éléments d'origine océanique serait, selon G. Busson (1968), un milieu marin « confiné », de profondeur faible par rapport à la taille de la plate-forme, recevant peu d'eau douce et n'ayant pourtant que peu d'échanges avec la haute mer. Ces épaisses séquences évaporitiques peuvent être très massives ou comporter des passées de dolomie ou d'éléments finement gréseux. Il existe également dans le Mésozoïque saharien, et ceci dans presque toutes les unités à la périphérie du bassin, des séquences moins importantes où alternent des argiles, des niveaux clastiques, des dolomies, du gypse, de l'anhydrite ; ces derniers sont en général considérés comme lagunaires.

Les deux types de sédimentation existent dans la coupe du Mont Sedom étudiée en palynologie par A. Horowitz et I. Zak. D'aprés ces auteurs en effet la Sedom Formation, 1900 m environ, constituée essentiellement de sel massif, s'est déposée dans un golfe pliocéne trés étroit, milieu de type confiné ; au-dessus l'Amora Formation, 550 m environ, constituée de séquences comparables au deuxième type énoncé ci-dessus s'est déposée dans un bassin continental. Les résultats de l'étude de ces dépôts ont donc été choisis comme point de comparaison avec le Mésozoïque saharien, malgré les différences très importantes du site de dépôt.

Les résultats permettent aux auteurs de l'étude d'émettre des conclusions sur les variations climatiques de l'époque. Je me bornerai à noter que chacun des 4 échantillons a fourni une centaine de pollens et spores, ces dernières atteignant le nombre de 58 dans l'un d'eux. Par contre, aucune hys-

Source : MNHN, Paris

trichosphère ni aucun microforaminifère n'est signalé. Ces résultats sont assez peu compatibles avec la nature salée du dépôt : en effet la présence de spores implique un apport d'eaux douces tandis que l'absence des éléments marins s'expliquerait plus difficilement. Celle-ci ne peut être due à une salinité insuffisante d'un milieu qui est précisément le siège d'une précipitation de sel ; il faut au contraire chercher l'explication soit dans la sursalure, soit, ce qui est plus vraisemblable, dans le fait que le milieu marin ou lagunaire était précisément « confiné » c'est-à-dire peu soumis aux apports ou renouvellements d'eaux franchement marines chargées de microplancton.

Ces résultats sont à rapprocher de la présence bien connue de pollens dans les évaporites du Keuper d'Europe centrale (W. Klaus 1960), mais correspondent-ils à une caractéristique constante de la sédimentation évaporitique ? Pour s'en faire une opinion on manque de données statistiques. Ne faut-il pas traiter beaucoup d'évaporites pour trouver peu de pollens. Nous verrons que c'est le cas dans le Mésozoïque saharien, mais là les passées phylliteuses contiennent par contre quelques microforaminifères.

D. — Les hauts-fonds récifaux des Bahamas (A. Traverse et R. Ginsburg 1968).

Cet exemple est intéressant malgré des conditions géographiques qui ne sont jamais celles des plates-formes péricontinentales puisqu'il s'agit de hauts-fonds entourant des îles situées au cœur d'un océan profond. Pourtant la sédimentation presqu'exclusivement calcaire, sous une profondeur d'eau moyenne très faible (10 à 15 mètres seulement) avec la présence d'une aire continentale (ici Ile d'Andros) déversant une faible quantité de matériel terrigène fin sur le haut-fond à sédimentation calcaire (Great Babama Bank) n'est pas sans rapport avec celle que G. Busson a mise en évidence au cours du Bathonien, du Jurassique supérieur, de l'Aptien ou du Turonien au cours desquels une partie de la plateforme saharienne fut le lieu de dépôts zoogènes très calcaires, néritiques ou non mais peu profonds. Les résultats de A. Traverse et R. Ginsburg constituent donc un élément de comparaison appréciable. Ils permettent de cerner en outre, sur un exemple actuel précis, la signification qu'il faut accorder aux divers éléments palynologiques du milieu marin en général. Des figures exprimant la distribution des divers éléments palynologiques sur le « Great Bahama Bank » il ressort les faits et interprétations suivants :

— dans l'ensemble la fréquence absolue du pollen est plus forte dans la *zone littorale* et elle décroît d'une façon *assez brutale* vers le large (T. et G., fig. 6, p. 420). Dans cette zone il existe des points de très forte concentration mais ceux-ci ne sont pas nécessairement les plus proches de la côte.

— les hystrichosphères sont trouvées avec une plus grande abondance dans ces eaux peu profondes et la concentration à la surface du banc est d'une relative régularité (T. et G., fig. 9, p. 437). Pour les auteurs, ce groupe palynologique serait significatif soit d'un milieu marin voisin des côtes, soit d'un milieu marin peu profond, soit enfin d'un milieu plus ou moins saumâtre, mais précisent-ils, ces hystrichosphères « are not typical of deep marine environment ».

— la distribution des microforaminifères (il s'agit de tests de très petits foraminifères chitineux) apparaît assez régulière sur tout le Great Bahama Bank (T. et G., fig. 11, p. 441), mais on observe des points de concentration inexpliqués et souvent différents des points de concentration pollinique. Ces points peuvent être, chose remarquable, soit proches soit éloignés des côtes. Ainsi la présence de microforaminifères dans un sédiment atteste le caractère marin du milieu de dépôt mais la concentration plus ou moins forte en cet élément n'exprime pas nécessairement un éloignement plus ou moins grand de l'aire continentale.

— la matière organique amorphe, résistante à l'action de HCL (composés cellulosiques, microorganismes divers), est présente sur toute l'aire de sédimentation (T. et G., fig. 12, p. 442) zoogène et les fortes concentrations sont observées soit dans la zone côtière à sédimentation pollinique importante, soit dans les zones de forte concentration en microforaminifères, c'est-à-dire dans des *zones de vie planctonique et benthique intense.* Sur cet exemple actuel on voit donc que la présence de matière

Source : MNHN, Paris

organique à l'état diffus dans les sédiments est liée aux conditions biologiques et sédimentologiques du dépôt : associée à des éléments marins (hystrichosphères, microforaminifères, spicules, etc...), elle traduit une zone de vie planctonique mais surtout benthique intense et des conditions de sédimentation régulière et fine.

E. — Les séries détritiques marines du Sénonien du Sénégal (G. Kieser 1967).

Nous avons vu que des sédiments marins à forte proportion détritique occupent à certaines périodes du Mésozoïque saharien un volume considérable. Il s'agit de dépôts marins de type deltaïque non localisés et dont l'ampleur difficilement explicable par des comparaisons avec le monde actuel pourrait évoquer un déversement de matériel le long des côtes par de nombreux fleuves. L'exemple du Sénonien supérieur du Sénégal semble assez comparable : dans la mer bordant alors à l'Ouest le craton sénégalais se sont déposés 450 m de sédiments dont le faciès argilo-gréseux à la base (Campanien) devient de plus en plus détritique et passe à un faciès franchement gréseux au sommet (Maestrichtien).

Dans les faciés argileux fins de la base, G. Kieser note que les organismes marins et les grandes spores sont rares tandis qu'abondent les pollens mono et tricolpés ; dès les premiers enrichissements en sable (voir fig. 1, G. Kieser, 1967), organismes marins et spores deviennent très nombreux ; en même temps on note, allant avec l'enrichissement en sable, l'extrême abondance en vaisseaux et fragments de bois et en cuticules, débris « continentaux francs ». Ainsi pour l'auteur, « ce qui est remarquable c'est l'abondance concomitante d'éléments réputés marins et d'éléments indiquant des influences continentales importantes ». Il formule plusieurs explications plausibles de cette concomitance. Bornons-nous à enregistrer le fait qu'un sédiment détritique franchement marin peut être très riche en éléments palynologiques continentaux comme marins. En fait, un apport continental important de type « deltaïque » n'exclut pas au sein du milieu de sédimentation le pullulement de microorganismes planctoniques au contraire ; nous verrons que les mêmes phénomènes se retrouvent dans la sédimentation mésozoïque saharienne où on observe souvent que l'enrichissement en éléments détritiques de séries argileuses ou marneuses par exemple s'accompagne d'un enrichissement en débris végétaux mais aussi en microorganismes planctoniques [1]. Il s'agit donc là d'un critère palynologique de la sédimentation « deltaïque » en milieu marin.

F. — Conclusions.

De toutes les données paléogéographiques ou provenant de l'analyse de sédiments, cités ci-dessus, il est possible de tirer des conclusions assez précises sur les caractéristiques palynologiques des divers milieux de dépôt sédimentaires.

- **Les dépôts continentaux** ont un contenu palynologique très variable. Trois types palynologiques se présentent : dans la sédimentation détritique « sub-aérienne », les résidus sont d'une très grande pauvreté ; dans les sédiments « exceptionnels » tels que les lignites ou certaines passées d'argiles au sein des grès les résidus sont assez riches en spores et pollens (et débris de bois pour les lignites) ; dans les dépôts deltaïques continentaux, le résidu est très riche en grandes spores, en grands pollens, en bois.
- **Les dépôts lagunaires** présentent deux types de résidus. Lorsqu'il s'agit de dépôts deltaïques lagunaires, le résidu est très riche et contient en général des hystrichosphères. Dans les dépôts lagu-

1. L'enrichissement simultané de ces trois éléments est peut-être explicable par un changement climatique qui aurait déterminé une rhéxistasie, c'est-à-dire un recul de la végétation entraînant à la fois une érosion intense et une élimination vers les mers d'une grande quantité de matière organique favorisant à son tour le pullulement côtier en microplancton.

Source : MNHN, Paris

naires à sédimentation chimique, évaporitique ou carbonatée, le résidu est généralement pauvre, aussi bien en spores et pollens qu'en acritarches.

• **Les dépôts marins** se caractérisent par la présence de microplancton de nature organique et de microforaminifères auxquels se joignent selon le lieu de sédimentation soit de la matière amorphe soit des spores, des pollens et des débris de bois. L'abondance de ces trois derniers éléments reflète l'importance de l'apport continental tandis que leur nature est un élément d'indication de l'agent de transport déterminant (les petits pollens par exemple sont apportés surtout par le vent, les spores lourdes par les eaux).

Toutefois, la répartition des divers éléments dans les sédiments marins est régie par des phénomènes complexes que les observations océanographiques parviennent difficilement à cerner et qui, pour la plupart, gardent un caractère aléatoire. Dans l'ensemble cependant :

— les sédiments détritiques marins sont souvent très riches en tous les éléments palynologiques (spores, pollens, acritarches, microforaminiféres, débris, cuticules) ;

— les faciès, néritiques ou non, à vie récifale ou benthonique intense contiennent souvent beaucoup de matière organique amorphe et de microforaminifères ;

— les séquences évaporitiques sont souvent très pauvres en tous les éléments.

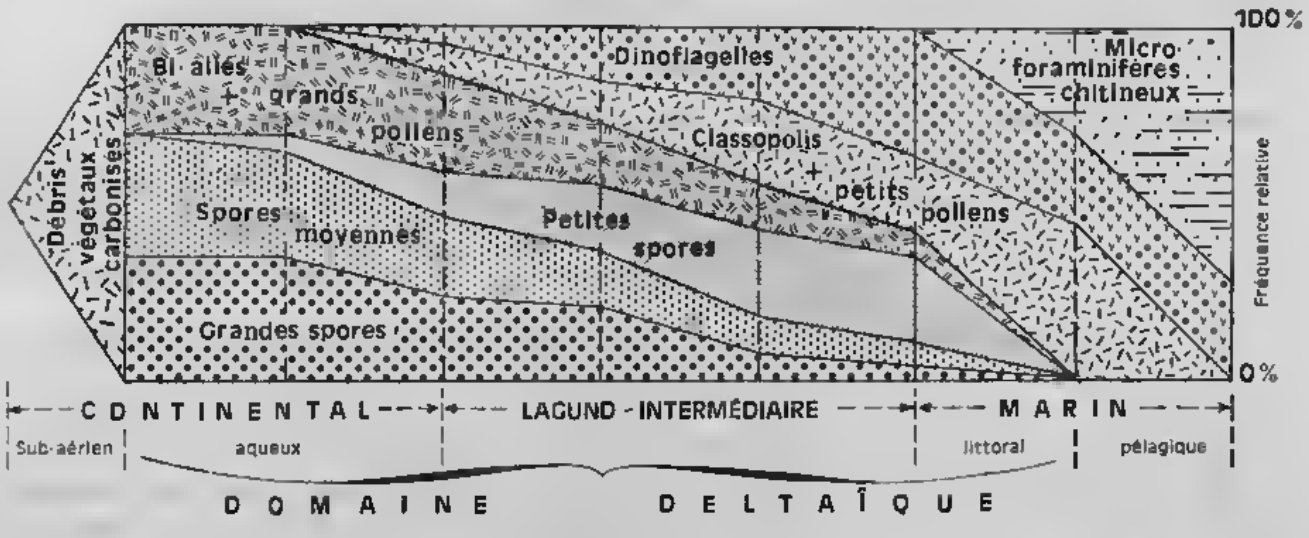


Fig. II. 1. — Répartition et fréquence relative théoriques des microfossiles palynologiques suivant les milieux de dépôt dans le cas d'un passage très progressif du continental franc au pélagique d'après des indications bibliographiques et des observations personnelles.

La fig. II. 1 schématise les conclusions qu'on peut tirer des exemples disparates décrits dans ce paragraphe. Elle illustre la variation graduelle théorique des divers groupes palynologiques à travers les différents milieux de sédimentation qui se succèdent d'une manière progressive sur une plate-forme de sédimentation péricontinentale. Ce tableau est inspiré, en ce qui concerne le laguno-continental et le lagunaire, des résultats de N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967). Il va de soi que dans la nature ancienne et surtout actuelle on ne trouve que rarement tous les termes de passage et que les termes extrêmes, continental aérien et marin franc se côtoient fréquemment.

III. — SIGNIFICATION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DU CONTENU PALYNOLOGIQUE

Après avoir observé le phénomène palynologique en train de se faire dans la nature actuelle, on a décrit les caractéristiques palynologiques des divers milieux sédimentaires. Le problème est main-

Source : MNHN, Paris

tenant de savoir comment, à l'inverse, on peut, à partir du contenu palynologique, définir l'environnement qui régnait en un point ou reconstituer la paléogéographie de toute une région. Doit-on considérer ce contenu d'une manière globale ou analytique ? Quel est l'ordre d'importance des divers éléments palynologiques ? Faut-il introduire le quantitatif ?

A. — Le « faciès » du contenu palynologique.

Le lieu géographique et l'environnement intime déterminent, nous l'avons vu, la composition globale du résidu palynologique. Certains auteurs ont donc tenté de définir des « *faciès palynologiques* », les uns dans un but descriptif, les autres dans un but pratique d'évocation du milieu. A. Combaz (1964) fut un des premiers palynologues à envisager l'utilisation globale de la matière organique des résidus ; il a proposé d'établir une diagnose du « palynofaciès » de chaque roche étudiée, c'est-à-dire, selon l'auteur, de « l'image microscopique globale des constituants organiques de cette roche... ». Pour A. Combaz en effet, la désignation des divers constituants organiques et l'indication de la « proportion de chaque constituant par rapport à l'ensemble » permet d'atteindre une notion artificielle complémentaire du microfaciès, notion dont l'intérêt serait :

— stratigraphique (un « palynofaciès » pouvant caractériser une zone, un étage),
— paléoécologique (environnement biologique plus ou moins intime),
— paléogéographique (emplacement dans la région),
— diagénétique (histoire post-sédimentaire, enfouissement, élévation de température, etc...).

Trois éléments organiques suffisent en principe à exprimer le « palynofaciès » ; ce sont, là encore, les microorganismes, les débris, la matière amorphe. En général, c'est la dominante caractéristique qui sert à le désigner. Ainsi A. Combaz cite comme exemple de « palynofaciès » l' « Association à Tasmanacées » ou l' « Association à Spores dominantes » et dans ces associations il distingue des types différents (ex. : « Association à spore dominante, n° 4 »).

Le terme de « palynofaciès » et la notion même qu'il recouvre ont été sévèrement critiqués par le micropaléontologiste J. Sigal (1965) pour qui la notion générale de faciès ne peut être sélective et ne peut s'appliquer qu'à l'ensemble des caractères d'une roche. Pourtant plus d'un palynologue considère cette notion comme un outil pratique d'expression de l' « environnement » du lieu de sédimentation, c'est-à-dire de l'ensemble des conditions paléo-botaniques, écologiques, -sédimentologiques.
N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart 1967 (Palynological facies and correlation in the English Wealden) adoptent cette notion et accréditent même son utilité stratigraphique au moins dans le Wealdien anglais. Ils écrivent en effet (p. 261) : « The phrase « Palynological facies » is used in the some general sens as « palynofacies » of Combaz (1964) to include all organic elements. In spite of the attack of the term by Sigal (1965) we consider such an expression both practical and necessary for indicating that consideration of part of a microfacies is limited by certain extraction methods ». Ces auteurs précisent l'utilité et en quelque sorte le mode d'emploi de ce « palynological facies » : « This attempt to recognise palynological facies — écrivent-ils — has had two objects : (1) to identify kinds of preparations in which any selected spore species of stratigraphic importance *either* should be expected *or* could not be expected to occur ; and (2) to estimate by adding together the results from facies present in any given sequence of rocks the total palynology and thus paleobotanic environment available at the time and place concerned ». Ainsi la corrélation palynostratigraphique de séries exclusivement opérée entre échantillons exprimant le même « environnement » devrait être facilitée. Malgré le caractère vague de cette dernière notion, la connaissance dans les divers horizons des points de même « environnement » devrait faciliter, outre la reconstitution paléogéographique, la recherche, dans les séries comparées, des points à tester en vue de corrélations stratigraphiques.

Toutefois, on ne peut s'empêcher de remarquer que la manière des auteurs d'exprimer le faciès palynologique est beaucoup plus analytique que synthétique. Ainsi, dans la fig. 3 (p. 267), ces auteurs expriment le faciès palynologique de la sédimentation deltaïque continentale par la présence simultanée de pollens bialiés, de petits pollens inaperturés, de toutes sortes de spores et de mégaspores ; celui du

Source : MNHN, Paris

Wealdien lacustre par la présence simultanée de *Classopollis*, de pollens biailés, de spores de petite taille, de phytomicroplancton d'eau douce. On voit par ces exemples que l'expression du faciès palynologique telle qu'elle est présentée se ramène à la désignation des groupes ou des formes palynologiques significatifs par leurs qualités et leurs proportions. Il apparaît en effet, dans le cas précis du Wealdien anglais, que c'est bien la désignation analytique des groupes palynologiques qui présente l'utilité stratigraphique et paléogéographique la plus évidente. En fait c'est là le cas le plus général : si certains résidus ont un « palynofaciès » bien particulier et directement évocateur du milieu tels ceux caractérisés par une grande abondance de matière organique et de Tasmanacées par exemple (évoquant un fond marin à algues), dans la grande majorité des cas, le résidu n'est pas aussi éloquent et l' « environment » ne peut être évalué que par l'addition des renseignements qu'apporte par sa présence et sa proportion chacun des divers éléments palynologiques.

Exemple • tel résidu contient 25 % d'Hystrichosphères et Dinoflagellés, 10 % de Microforaminifères ; il s'agit vraisemblablement d'un sédiment marin peu profond et assez côtier. Il contient aussi 30 % de petites spores et 10 % de grands pollens et 20 % de petits pollens : le lieu de dépôt était soumis à un apport continental de provenance moyennement éloignée. La matière organique y est abondante, il y a des débris de bois : il s'agissait d'un fond marin à vie assez intense (algues, etc...) soumis à une sédimentation marine avec apport terrigène.

En conclusion toute diagnose de « palynofaciès » ne saurait donner dans sa formulation même qu'une description partielle et orientée d'un contenu palynologique où les éléments sont *a priori* et subjectivement classés dans un certain ordre d'importance. Que ce soit dans un but purement descriptif ou pour renseigner sur la genèse ou l'origine, il est préférable de donner de ce contenu la description qualitative et quantitative le plus analytique possible sans préjuger d'aucun ordre d'importance des éléments. Ceci conduira, nous le verrons, à concevoir un fichier de description systématique et en quelque sorte impersonnel.

B. — Intérêt du quantitatif en vue des reconstitutions paléogéographiques régionales.

B. de Jekbowsky (1963 c) a étudié les variations latérales en palynologie quantitative dans un ensemble lithologique du Sud-Ouest de Madagascar attribué au Dogger supérieur et considéré par l'auteur comme une formation « littorale » — par rapport à un continent qui se trouvait à l'Est — de 80 km de large. L'épaisseur de cette formation (900 m à l'Est) diminue vers le « large » (500 m à l'Ouest) ; elle montre en outre une variation latérale de faciès importante : grès dominants à l'Est, calcaires dominants au Sud-Ouest et argiles dominantes au Nord-Ouest. Il s'agit d'un type de formation fréquent dans tous les bassins de sédimentation en général et retrouvé dans plusieurs niveaux du Mésozoïque saharien. La richesse des résidus palynologiques a permis à l'auteur de mettre en évidence la surimposition, au cours de la sédimentation, de différents types d'apport palynologique, surimposition qui semble être le cas général. Étudiant les variations quantitatives latérales des divers éléments au sein de cette formation B. de Jekhowsky a mis en valeur le jeu des apports marins et des apports continentaux. Dans ces derniers, il a montré que les éléments (bois, cuticules, pollenospores) et même les espèces avaient une répartition orientée et directionnelle et qu'on pouvait en tirer des résultats paléogéographiques d'ensemble dans le passage du continental au marin.

1. — *Groupes significatifs.*

B. de Jekhowsky a établi *a posteriori* la liste des groupes dont la variation latérale est la plus significative. Ce sont :

a. — L'ensemble des microfossiles organiques marins (Hystrichosphères + Dinoflagellés % Microforaminifères).

b. — L'ensemble des microfossiles organiques terrestres.

Source : MNHN, Paris

A l'intérieur de ce deuxième ensemble, il distingue plusieurs groupes de signification de plus en plus précise :

- les microdébris végétaux (cuticules + trachéides) parvenant, selon l'auteur, « plus au large que les spores et les pollens »,
- les spores et les pollens comprenant eux-mêmes des groupes d'espèces dont l'apport n'a pas été effectué selon les mêmes modalités.

— un groupe d'apport général : espèces rencontrées en tous les points de la formation et dont la présence traduit, selon l'auteur, qu'il existait des conditions géographiques généralisées à tout le bassin (vents, cours d'eau débouchant tout au long des côtes).

— un groupe d'apport local : espèces concentrées en certaines zones de la formation seulement et traduisant un fait paléogéographique ayant déterminé une sédimentation particulière localisée (dans le cas présent, apport deltaïque localisé) se surimposant à la sédimentation palynologique générale.

Remarque.

De nombreuses formes polliniques du Dogger supérieur de Madagascar sont reconnues dans le Mésozoïque saharien : il est utile de voir dans quel groupe sédimentologique B. de Jekhowsky les a classés :

— l'espèce collective *Classopollis* (petits pollens)
— des espèces du genre *Inaperturopollenites* (petits pollens)
— des pollens « Azonaletes »
— des pollens bi-ailés (pollens anémogames)

sont du groupe d'apport général,

— les espèces du genre *Araucariacites* (grands pollens)
— les espèces du genre *Zonalapollenites* (grands pollens)
— les spores.

sont du groupe d'apport local.

Il s'agit là d'une classification *a posteriori* des éléments et espèces palynologiques d'après leur répartition latérale : chaque groupe est constitué par l'ensemble des espèces ayant une répartition latérale identique.

2. — *Variations quantitatives latérales des divers groupes.*

Les notions statistiques retenues par B. de Jekhowsky pour leur valeur expressive sont :

la fréquence absolue pondérale
la fréquence relative
la concentration
le type d'association.

L'auteur avait déjà exposé dans une note précédente (1963 b) le contenu de ces notions ainsi que leur intérêt dans l'étude des populations fossiles en général.

Appliquées à l'analyse latérale d'un très grand nombre de points de ce Dogger supérieur de Madagascar elles révèlent les faits statistiques locaux suivants :

— la fréquence absolue des microfossiles marins croît fortement avec l'éloignement du rivage (B. de Jekhowsky 1963 c, fig. 9).
— la fréquence absolue des microorganismes terrestres décroît faiblement avec l'éloignement du rivage (*Ibid.*, fig. 10).

Pour ces deux propositions rappelons qu'il s'agit dans le Dogger supérieur de Madagascar d'une formation « littorale » de 80 km de large seulement ; dans le cas d'une vaste plate-forme de sédimenta-

Source : MNHN, Paris

tion, nous le verrons, la fréquence absolue des microfossiles marins ne croît pas fortement avec l'éloignement du rivage tandis que celle des microfossiles terrestres décroît nettement.

— la fréquence absolue du groupe d'apport général décroît avec l'éloignement du rivage (*Ibid.*, fig. 22). Cette variation suggère selon l'auteur « un front de dispersion se déplaçant parallélement à partir d'un front d'origine » situé sur la côte de l'aire continentale.

— les lignes d'égale fréquence absolue du groupe d'apport local se disposent selon un triangle, suggérant une dispersion à partir du sommet le plus « continental » de ce triangle (*Ibid.*, fig. 24). La variation latérale de ce groupe d'apport local ne traduit donc pas un gradient du passage du continental au marin, mais un gradient de dispersion à partir d'un point localisé correspondant à l'embouchure du fleuve supposé.

L'auteur a également fait appel à des notions statistiques considérant non pas le nombre des individus mais celui des espèces différentes trouvées en un même point ; il a montré :

— que le *degré de concentration* des populations sporo-polliniques décroît avec l'éloignement du rivage (B. de Jekhowsky 1963 c, fig. 20). Cette variation exprime « que certaines espèces de spores et de pollens sont surreprésentées au voisinage des rivages, alors que la répartition est plus homogène quand on se dirige vers le large ».

— que les *types d'association* sporo-polliniques varient avec l'éloignement du rivage (*Ibid.*, fig. 19). Schématiquement on observe :

- au large, des associations d'espèces du groupe d'apport général où domine, semble-t-il, le pollen anémogame ;
- dans la partie médiane, la présence d'espèces du groupe d'apport local, en particulier de pollens lourds ;
- dans la zone la plus littorale, la nette prédominance de ces dernières espèces.

3. — *Conclusions.*

L'exercice effectué par B. de Jekhowsky dans le Dogger supérieur de Madagascar est aussi intéressant du point de vue fondamental que méthodologique. En mettant en évidence, dans le domaine fossile figé, un schéma cohérent de la répartition palynologique dans le cas précis de la sédimentation côtière, concordant en gros avec les observations actuelles (et les précisant sur plus d'un point), il illustre par là même tout l'intérêt de l'analyse quantitative en recherche paléogéographique.

L'identification des groupes paléogéographiquement significatifs et la recherche de leurs variations latérales quantitatives peuvent donc être prises comme base méthodique pour l'étude des plates-formes de sédimentation. Pour celles-ci toutefois il faudra tenir compte de la nature particulière des milieux de sédimentation (sédimentation détritique continentale ou sédimentation évaporitique par exemple) et surtout du fait que, contrairement à l'étroite zone côtière étudiée par B. de Jekhowsky, une plate-forme de sédimentation était une aire immensément vaste où tous les milieux de dépôt allant du continental « sub-aérien » au marin franc devaient passer progressivement de l'un à l'autre sans limite parfaitement précisée. Il s'agira alors de situer non seulement les termes géographiques extrêmes mais aussi tous les milieux intermédiaires.

IV. — CONCLUSION GÉNÉRALE

Des exemples décrits et discutés dans ce chapitre ressortent deux éléments essentiels :

a. — un modèle théorique de la sédimentation palynologique schématisé sur la fig. II. 1 qui montre bien comment la proportion des divers éléments varie selon les milieux, notamment en ce qui concerne les microfossiles. Ce tableau n'est pourtant qu'un schéma déduit de renseignements disparates. Avant d'appliquer ce schéma à la recherche paléogéographique dans un bassin de sédimentation,

Source : MNHN, Paris

sa valeur devra être testée dans les rares horizons de ce dernier dont les milieux de dépôt sont relativement connus et les domaines correspondants à peu près délimités.

b. — une méthode de reconstitution paléogéographique par l'analyse des variations latérales qualitatives ou quantitatives de la sédimentation palynologique. Toutefois, ces variations latérales ne peuvent être mises en évidence qu'en établissant en chaque point des grandeurs statistiques telles que les fréquences absolues ou relatives nécessitant des calculs sinon difficiles du moins longs. D'autre part, les groupes significatifs du point de vue paléogéographique sont souvent constitués de formes ou d'espèces disparates du point de vue systématique. Il s'agit donc de pouvoir dissocier et associer aisément les microfossiles déterminés et comptés en chaque point. Ainsi apparaît la nécessité de choisir un mode standard de description du contenu palynologique et d'organiser le stockage des informations d'une manière telle que ces dissociations (tris) et associations (assemblages) soient opérées mécaniquement ainsi que les calculs simples mais répétitifs qui les suivront. L'ordinateur est naturellement tout à fait adapté à de telles opérations.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE III

EXTRACTION DU CONTENU PALYNOLOGIQUE, OBSERVATIONS, MESURES, ENREGISTREMENT DES DONNÉES

L'analyse palynologique est une technique longue mais relativement peu coûteuse. Elle est d'autant plus valable que le nombre d'analyses ponctuelles est grand. Il est donc nécessaire, pour en tirer le meilleur parti, que les observations et les mesures soient normalisées, surtout si elles sont destinées à un traitement en ordinateur.

I. — EXTRACTION DU CONTENU PALYNOLOGIQUE

A. — Généralités.

Si on veut tirer de l'observation du contenu palynologique des roches le maximum de données utilisables, il convient de ne pas amputer ni déformer ce contenu lors de son extraction. En d'autres termes, tous les éléments palynologiques (spores, pollens, microplancton, débris divers, matière organique amorphe, couleur) doivent se retrouver dans le résidu avec des quantités et des proportions voisines de celles qui existent réellement dans la roche. Comment opérer pour que cet impératif soit respecté et compte tenu de l'extrême diversité pétrographique des roches sédimentaires ? La solution la plus séduisante *a priori* paraît être la suivante : soumettre chaque échantillon à un traitement physico-chimique sélectionné en fonction de la pétrographie et paraissant le plus approprié à la destruction totale de la partie minérale de la roche. Ainsi resterait dans le résidu la totalité intacte du contenu palynologique. Hélas le palynologue se heurte à de sérieuses difficultés techniques :

1. — Premièrement, il est très difficile de prévoir quel sera le traitement le plus adapté à un échantillon donné. Des essais comparatifs ont été effectués dans le cadre des recherches de la C.I.M.P. (N. F. Hughes, B. de Jekhowsky et A. H. V. Smith, 1964) : 50 grammes d'un même échantillon appelé PM 2 (dolomie gréseuse avec un peu de pyrite et 7,9 % de charbon) ont été adressés à 14 laboratoires qui les ont traités selon la méthode considérée par chacun d'eux comme la plus appropriée (soit 14 méthodes différentes, ce qui est éloquent !). Les résultats s'échelonnent de 30 grains par lame à 280 grains selon les laboratoires, le montage du résidu ayant été fait d'une manière identique. En outre, ces mêmes essais ont montré que chacune de ces méthodes a une fidélité plus ou moins grande lorsqu'on l'emploie pourtant sur des sédiments de type voisin (par exemple proportion très voisine de charbon au sein d'une gangue différente). Ceci est parfaitement explicable car la nature physico-chimique intime d'une roche est extrêmement variable et complexe et il faudrait tester toute une série de traitements avant d'affirmer que tel est le plus adapté ; ainsi, il serait imprudent d'assimiler au contenu palynologique total un résidu obtenu après un traitement unique considéré comme adapté.

Source : MNHN, Paris

2. — Deuxièmement, l'emploi de méthodes de destruction chimique différentes entraîne d'inévitables déformations des spectres. Les plus oxydantes détruisent les pollens fragiles et une bonne part de la matière organique ; par contre, elles concentrent mieux le pollen restant. Ainsi un traitement jugé bon en fonction du nombre de pollens recueillis peut être désastreux pour une étude de la matière organique.

3. — Enfin très souvent les échantillons analysés sont des cuttings, c'est-à-dire des assemblages de fragments de roches, assemblages dont la composition est, en théorie, grossièrement représentative de l'importance de chacune des roches alternant dans un petit intervalle de sondage. Or, un traitement particulier qui serait retenu pour traiter efficacement un seul type de roche, par exemple la roche dominante ou celle supposée la plus riche en éléments palynologiques, entraînerait fatalement une mauvaise attaque des autres constituants de l'échantillon. D'où la nécessité d'adopter un traitement de compromis.

En résumé, le traitement sélectif est souhaitable lorsque le seul but recherché est l'analyse micropaléontologique (planctonique ou micropaléobotanique) car il permet de concentrer la quasi-totalité des fossiles. Par contre, lorsqu'il s'agit d'une analyse palynologique globale, seuls sont confrontables les résultats qui, tout en correspondant à des extractions suffisamment bonnes, ne déforment pas les proportions originelles. En particulier, lorsqu'on analyse des cuttings, il est impérieux que les divers types de roches qui les constituent livrent tout leur contenu palynologique afin d'obtenir un résultat d'ensemble traduisant la sédimentation palynologique moyenne au cours du dépôt de la partie de formation géologique représentée par le cutting.

Remarquons cependant que le traitement sélectif de certains types précis de roches est parfois d'un recours inévitable, en particulier dans les séries « pauvres » où il est nécessaire de tirer le meilleur parti des accidentelles passées « riches » (charbonneuses par exemple). Dans ce cas, les résultats ne doivent être utilisés qu'avec précaution dans les comparaisons quantitatives [1].

En conclusion, compte tenu des incertitudes quantitatives qu'entraîne l'emploi alterné de traitements sélectifs différents, un résultat moyen et global est préférable. Il implique un traitement standard des roches. Ce traitement doit correspondre à la conjoncture la plus favorable à deux impératifs :

— il doit être suffisamment destructeur de tous les types de roches ;
— il doit être suffisamment modéré pour conserver tous les éléments palynologiques dans des proportions voisines de celles existant réellement dans les roches ainsi que leur couleur réelle.

B. — Remarques sur quelques procédés de traitement habituels.

G. Sittler (1954), faisant la revue des méthodes et techniques physico-chimiques, groupe en particulier celles dont le but est la destruction de la matière organique à l'exception du matériel sporopollinique. Il s'agit donc de techniques qu'il vaut mieux écarter lorsque le but recherché n'est pas l'extraction exclusive du matériel sporo-pollinique et planctologique. Toutefois certaines de ces techniques sont si généralisées qu'il convient d'en exposer brièvement les inconvénients et les raisons de leur mise à l'écart.

1. — *Méthode de chloration-acétolyse* (G. Erdtman 1934, 1936).

Ce procédé employé par de nombreux laboratoires est destiné à « enrichir » en pollen un résidu provenant d'un échantillon préalablement soumis à un traitement de destruction de la fraction minérale et où la matière organique amorphe abonde.

1. Ce sont principalement les fréquences absolues qui sont affectées par les traitements sélectifs ; les fréquences relatives sont déformées dans une proportion moindre.

Source : MNHN, Paris

Après déshydratation à l'acide acétique, le résidu est soumis :

— à l'action combinée CH_3 COOH pur, de ClO_3 K et de ClH concentré = *chloration* à chaud.

— à l'action combinée de 7 à 9 parts de $(CH_3\ CH)_2$ OH et de 1 à 3 parts de $SO_4\ H_2$ concentré = *acétolyse*.

L'efficacité de cette méthode n'est pas à mettre en doute lorsqu'on cherche à concentrer le seul matériel sporo-pollinique, mais les résultats ne peuvent être pris en compte dans l'analyse quantitative. En effet : 1) la richesse du sédiment en formes sporo-polliniques est accentuée au détriment de la matière organique dont la fraction sauvegardée a de surcroît changé de nature : la matière amorphe a pratiquement disparu ; les fragments de bois ou de cuticules sont très désorganisés ou ont disparu ; la couleur est extrêmement éclaircie (l'élimination de liquide brun au cours des lavages l'atteste suffisamment) ; 2) les spectres et pourcentages sont nettement modifiés : les pollens aux exines fragiles, attaqués et rongés, ont souvent disparu.

Je n'ai donc employé ce traitement que dans des cas tout à fait exceptionnels, par exemple celui d'argiles ou de marnes excessivement riches en matière organique amorphe ; dans ce cas la quantité de matière amorphe a été surévaluée, celle des microorganismes sous-évaluée, mais les fréquences relatives n'ont pu être retenues.

2. — *Le mélange de Schulz* (1885).

C'est la très ancienne méthode de macération des houilles : action combinée de C103 K et de NO_3 H concentré.

Cette méthode présente apparemment les mêmes inconvénients que la chloration-acétolyse. Je l'ai quelquefois employée pour extraire spores et pollen des échantillons ligniteux dont je disposais. J'ai pu ainsi recueillir des informations précises sur la microflore mais je n'ai pas fait état de données brutes extraites de tels résidus dans le fichier mécanographique. Je me suis contenté pour de tels niveaux des résultats obtenus par un traitement standard (exposé ci-après) sur un mélange de sédiments comprenant le lignite lui-même et sa gangue.

3. — *L'usage de KOH* (von Post, 1933), *de NaOH ou des deux simultanément ou successivement* (Franke, 1933).

Il a été le plus possible évité pour les mêmes raisons. A froid cependant l'effet est moins violent ; j'ai donc employé parfois ce procédé pour observer, par exemple, le contenu sporo-pollinique de résidus trop riches en matière organique ou lorsque l'état très sombre des éléments en rendait l'observation impossible.

En général, l'amélioration de l'observation est très sensible pour des inconvénients plus réduits : les débris de bois et de cuticules sont préservés ainsi que les pollens, même ceux à parois minces ; c'est surtout la matière amorphe qui disparaît. Les résultats extraits de tels résidus ne peuvent être employés qu'après surévaluation de la quantité de matière amorphe, de sa couleur, de la couleur des débris organisés.

C. — Technique standard employée.

S'inspirant très directement de celle proposée par B. de Jekhowsky (1959), elle fait agir les acides et exclut les phases d'oxydation puissante.

1. — *Préparations préliminaires.*

3 % seulement des échantillons analysés étaient des carottes. D'abord lavées à l'eau courante, celles-ci ont été concassées dans un mortier en acier à l'aide d'un pilon en acier. Entre chaque concassage fut effectué un lavage à l'eau courante suivi d'un nettoyage à l'air comprimé.

La quasi-unanimité (96 %) des échantillons étaient des cuttings fournis par des sociétés de pétroles opératrices, pour la plupart déjà lavés de la boue de forage. Toutefois, une bonne part des

Source : MNHN, Paris

cuttings n'étaient pas lavés (par exemple ceux du forage Garet Ben Sabeur 1 du Sud tunisien). Deux centaines environ de tels échantillons ont été lavés à grande eau sur un tamis de maille 2 mm afin de récupérer les fragments de roche solides et d'éliminer la boue de forage.

2. — *Tamisage des fragments de roche.*

Les échantillons concassés sont jetés sur une colonne à deux tamis (2 mm et 1 mm) ; en principe seuls les fragments de taille comprise entre 1 et 2 mm ont donc été analysés, ceci pour éviter de récupérer du matériel palynologique broyé et déchiré. Toutefois, bon nombre de cuttings m'avaient été livrés en si faible quantité que j'ai dû utiliser la poudre résiduelle.

3. — *Notation des éléments pétrographiques.*

A l'œil ou à la loupe, j'ai reconnu la nature pétrographique des carottes ainsi que celles des divers échantillons constitués de cuttings. J'ai ainsi reconnu les roches suivantes : calcaires, dolomies, marnes, gypse, anhydrite, sel, argiles, lignite ; j'ai ensuite essayé de noter pour chaque cutting le constituant principal, le secondaire, le tertiaire. Toutefois, il n'est pas douteux que la proportion de certaines roches se trouve diminuée dans l'échantillon-déblai : argile et sel par exemple se diluent ou se dissolvent partiellement au cours de ces opérations ; lorsque celles-ci sont brèves, la disproportion est atténuée cependant.

4. — *Quantité analysée.*

Elle est écrite au singulier, car j'ai choisi une grandeur fixe : 20 grammes. Nous verrons plus haut que malgré cette contenance une correction doit être apportée dans l'établissement des données quantitatives dans certains cas, selon la nature pétrographique de l'échantillon.

5. — *Traitement chimique.*

Il comporte trois phases et nécessite l'emploi de béchers (capacité 2 litres) en matière plastique résistante aux acides et à la chaleur (Superdylan).

Première phase (durée 3 h. 1/2 environ) :

Dans un bécher de 2 litres sont versés :

— 20 g. d'échantillon tamisé,

— 75 g. d'eau,

— 150 g. de ClH concentré.

De fréquentes agitations sont nécessaires durant une heure.

Dilution dans l'eau chaude (75-80°) jusqu'à 2 litres et décantation durant une heure. Siphonage.

Deuxième dilution ; décantation durant une heure et siphonage.

Cette opération élimine en principe les carbonates et nitrates ainsi qu'une bonne partie des roches salines (action de l'eau chaude) et libère les particules siliceuses ou silicatées.

Deuxième phase (durée 26 heures environ) :

Les résidus de la première phase sont centrifugés et remis dans les béchers à l'aide d'une pissette et d'un minimum d'eau.

Sont versés 150 cc. de FH à 70 % à froid (en pratique à la température d'un laboratoire : 17 à 28° environ).

Des agitations les plus fréquentes possibles doivent avoir lieu pendant 24 heures.

Dilution à l'eau froide jusqu'à 2 litres, décantation pendant 1 heure et siphonage.

Deuxième dilution ; décantation pendant 1 heure et siphonage.

Source : MNHN, Paris

Les siphonages se font jusqu'à environ 100 cc. Cette phase correspond à la destruction des silicates et à l'élimination d'une bonne partie des fluorures constitués. Toutefois, certains fluorures sont peu solubles, d'autres, d'état colloïdal, se décantent et ne sont pas éliminés.

Troisième phase (2 heures 1/2 environ) :

Dans le résidu de la deuxième phase, on dilue à 2 litres et on verse 50 cc. de ClH et 100 cc. de NO_3 H concentré ; on laisse décanter 1 heure ; puis on siphone à 100 cc.

Deuxième dilution, décantation et siphonage.

Cette troisième pbase transforme en principe les fluorosilicates et les fluorures insolubles dans l'eau en nitrates et chlorures solubles éliminés par siphonage.

Remarque sur la décantation.

Si le siphonage est assez rapide, la décantation proprement dite allonge la durée du traitement. L'avantage est qu'une grande partie des particules colloïdales ou subcolloïdales restant en suspension dans le liquide dilué en raison de leur faible densité ou de phénomène de tension superficielle, sont éliminées au siphonage. Dans ces matières restant en suspension dans l'eau peut être comprise une fraction de la matière organique amorphe de la roche ; mais il s'agit d'une fraction faible ; d'autre part, sans que des mesures précises aient été faites, il apparaît que plus la roche est réellement riche en matière amorphe, plus la quantité absolue restant en suspension est forte. Ainsi la distorsion enregistrée sur la quantité de matière amorphe est à peu près constante et les résultats entre divers échantillons restent comparables.

Par contre la décantation introduirait une perte systématique de microfossiles que B. de Jekhowsky (1959) estime à 10 % au maximum et portant principalement sur des individus de petite taille.

6. — *Tamisage et montage du résidu.*

Les résidus de la troisième phase ont été passés au tamis de maille 150 µ. Sont donc systématiquement éliminées toutes les structures supérieures à 150 µ, en particulier les très grands Microforaminifères chitineux et les macrospores [1]. Par contre le tamisage présente un intérêt évident : la finesse du résidu final favorise grandement le montage et l'observation des lames.

Avant centrifugation et montage finals le résidu fin est lavé à l'eau jusqu'à obtention d'un Ph 7 approximatif.

Remarque.

Chaque fois que fut constatée, après le traitement chimique, une abondance excessive de minéraux non détruits (principalement le quartz), j'ai terminé le traitement par une séparation densimétrique par centrifugation au sein d'une solution IK + ICd de densité 2. Dans ce cas les résultats quantitatifs ont été corrigés. Ce mode de séparation provoque en effet une certaine perte en microorganismes, débris et matière amorphe entraînés dans le culot par la cbute des grains de quartz.

Pour le montage sur lames, le résidu est mêlé à de la gélatine glycérinée chaude dont la composition est la suivante :

— gélatine 20 %
— glycérine 60 %
— eau distillée 20 %
— quelques cristaux de pbénol.

Au résidu sec est ajouté un égal volume de gélatine glycérinée. Puis deux gouttes du mélange bien

1. Notons toutefois que des tests sur une centaine d'échantillons variés ont montré que le déchet palynologique est réduit ; en effet la partie grosse contient pour l'essentiel des minéraux et parfois quelques fragments de bois. En fait les macrospores sont extrêmement rares, dans le Mésozoïque saharien ; elles n'ont pas été étudiées.

Source : MNHN, Paris

homogénéisé, calibrées à 0,33 cm³, sont déposées sur une lame et recouvertes d'une lamelle qui, par son poids, suffit à étaler le mélange posé sur une platine tiède.

7. — *Comportement des divers types de sédiments.*

Nous avons vu dans l'exposé consacré à la géologie du Mésozoïque saharien la variété des faciés. Mais ces faciès très variés se ramènent en fait à des combinaisons en des proportions variables d'éléments minéralogiques essentiels relativement peu nombreux : calcite, dolomie, aragonite (carbonates), silicates, silico-aluminates (argiles), silice pure (grés), sulfate de Ca (anhydrite, gypse), chlorures de Na, Ca, etc... Comment se comporte chacune de ces espéces chimiques à la suite du traitement standard ?

— Les carbonates sont aisément éliminés.

— Les argiles sont détruites complétement ou presque.

— Les chlorures sont dissous et éliminés par siphonage.

— Les éléments les plus résistants sont :

- les sulfates peu solubles (or gypse et anhydrite sont très fréquents),
- les éléments charbonneux,
- la silice pure (quartz),
- la pyrite qui n'est souvent détruite que partiellement.

Ainsi la technique standard employée apparaît très efficace pour les roches ne contenant que les premiers des éléments cités ci-dessus, et son efficacité de destruction est de plus en plus faible lorsque la proportion des derniers éléments augmente. En pratique, l'extraction du contenu palynologique est

— à peu près totale pour les roches suivantes :

- calcaires, calcaires dolomitiques et dolomies calcaires, dolomies.
- calcaires marneux, dolomies marneuses, marno-calcaires, marnes dolomitiques, marnes.
- calcaires argileux, dolomies argileuses, marnes argileuses, argiles calcaires, argiles dolomitiques, argiles.
- sel massif.
- grès ainsi que tous les éléments carbonatés ou argileux gréseux ou pélitiques (mais là se pose un problème de séparation du quartz).

— partielle pour les roches suivantes :

- (Calcaires, dolomies, marnes, argiles, grès) ligniteux.
- (calcaires, dolomies, marnes, argiles) gypseux ou anhydritiques.

— très partielle pour les roches suivantes :

- gypse et anhydrite.
- lignite, charbons en général.

Remarques.

1. — En ce qui concerne ce troisième ensemble de roches, les **déformations quantitatives** dues à l'emploi de la méthode de traitement standard ne sont pas si importantes qu'il semble *a priori*, surtout lorsqu'on se place dans le vaste cadre de l'étude palynologique d'un grand bassin sédimentaire.

• Le gypse et l'anhydrite constituent certes un volume sédimentaire très important dans le Mésozoïque saharien. Un test opéré sur 20 échantillons sahariens d'anhydrite massive, traités par des attaques successives par KOH à 50 % à froid ou à chaud, a montré que le résidu palynologique est dans tous les échantillons très faible à absent. Un autre test pratiqué sur 20 échantillons d'argiles très anhydritiques est également significatif : traités par la seule méthode standard ou par la méthode standard suivie du traitement par KOH, ces échantillons ne livrent pas plus de microorganismes et on note en outre que la matière amorphe est réduite

Source : MNHN, Paris

et la couleur des débris éclaircie. En quelque sorte l'analyse de cuttings contenant du gypse ou de l'anhydrite massifs se réduit presque à l'analyse des seuls autres composants mais cette réduction systématique rend les résultats comparables entre eux.

• La méthode standard détruit très partiellement le lignite et les autres charbons et libère une partie faible de débris de bois, de spores, de pollens ; mais la quasi-totalité est éliminée à l'état de fragments par le tamisage ; l'inconvénient est toutefois réduit du fait que très généralement les roches immédiatement encaissantes ou même mêlées aux passées charbonneuses (argiles, marnes, grès fins) contiennent une notable quantité de spores et pollens de sorte que le déséquilibre est compensé.

2. — Après le traitement standard, le résidu final des grès fins ou des grès dont le calibrage des grains va de grossier à très fin ainsi que les roches détritiques en général contiennent une partie plus ou moins importante de grains de quartz de taille inférieure à 150 μ (maille du tamisage). Ces minéraux grossissent d'autant le volume du résidu final qui, de ce fait, est différent de celui du contenu palynologique *s.s.* de la roche. Cet inconvénient eut été évité par une séparation densimétrique systématique n'entraînant que des déformations mineures. Ayant effectué seul durant plusieurs années les travaux routiniers et longs de traitement des roches, il m'était difficile d'effectuer une manipulation supplémentaire assez longue en raison des lavages nécessaires, et tout compte fait délicate. J'ai toutefois tâché d'utiliser cet inconvénient en posant le principe globalement acceptable — ce qui fut vérifié *a posteriori* d'ailleurs — que le pourcentage des minéraux fins non détruits dans les roches gréseuses ou pélitiques, était constant. L'évaluation de leur quantité dans le volume résiduel final a permis d'établir un **coefficient d'abondance des pélites de quarz** (ou quartz pélitique). Même si ce cœfficient ne traduit qu'avec une approximation très large l'intensité de l'apport pélitique réel dans les sédiments — quels que soient le faciès, le milieu de dépôt ou le transport (eau, vent) — sa corrélation statistique avec d'autres cœfficients de fréquence absolue (spores, débris de bois, matière amorphe) est *a priori* séduisante à envisager. Nous verrons plus loin comment ces cœfficients ont été systématiquement évalués et consignés dans le fichier mécanographique des informations palynologiques.

8. — *Conclusion.*

La méthode de traitement standard utilisée a donné sur les sédiments du Mésozoïque saharien des résultats qui, considérés dans l'ensemble, sont très satisfaisants. Elle a permis, semble-t-il, de révéler des quantités proportionnelles aux abondances réelles et cela est essentiel ; d'autre part, il semble bien que la quasi-totalité des espèces effectivement présentes dans les séries étudiées ont pu être reconnues, mêmes les plus fragiles.

II. — OBSERVATION AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE À BALAYAGE

La dilution homogénéisée du résidu dans la gélatine glycérinée favorise l'observation en microscopie photonique mais ne convient nullement à l'usage du microscope électronique à balayage. Or celui-ci s'est révélé d'un intérêt scientifique fondamental en ce qui concerne la morphologie et la systématique des espèces palynologiques fossiles ainsi que leur interprétation botanique par comparaison avec les pollens actuels. Il s'est agi d'observer soit des grains de pollen frais, soit des microfossiles isolées, soit des résidus palynologiques entiers.

1. — Grains de pollen frais. Voir la technique très simple à mettre en œuvre dans Y. Reyre, 1968 a.

2. — Les microfossiles et les résidus.

Je n'ai pas observé la totalité des résidus en microscopie électronique à balayage mais seulement une centaine d'entre eux qu'une observation préalable en microscopie photonique avaient révélés riches en espèces intéressantes. La technique retenue est la plus simple possible et cependant son choix ne s'est imposé qu'après le test de techniques plus complexes et qui étaient *a priori* susceptibles d'apporter des résultats meilleurs. Ces recherches et observations ont été faites au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle avec le concours de D. Noël.

Source : MNHN, Paris

Les premières observations ont été faites sur une goutte de résidu dilué dans l'eau distillée et ensuite desséché à l'air. En microscopie photonique les microfossiles donnent en général l'image d'un volume sectionné par les plans optiques parallèles obtenus par variation de la vis micrométrique ; au microscope à balayage ils apparaissent pour la plupart aplatis ou dégonflés. L'objectif était donc de tenter de les maintenir dans une forme et un volume supposés modifiés au cours de l'opération — en particulier du séchage.

Des essais de liophyllisation du résidu ont été effectués au Laboratoire de Muséologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris : une goutte de résidu dilué dans l'eau distillée est déposée sur une lamelle ronde de 12 mm de diamètre et portée à très basse température (— 40°) puis ainsi maintenue sous une pression voisine de 10^{-5} mm de Hg pendant plusieurs jours. Progressivement ce résidu est ramené à température et pression normales. On sait que de tels traitements permettent de maintenir les êtres les plus variés dans leurs formes et allures vivantes. Or les microfossiles apparaissaient toujours aussi déformés par rapport aux schémas de représentation conventionnels. Il est donc très probable que selon les microfossiles et les échantillons, l'état aplati est soit originel (cas de certains pollens actuels) soit acquis lors de la compaction des roches, soit enfin dû à un ramollissement provoqué par des actions chimiques au cours du traitement de la roche.

Connaissant l'effet de gonflage de l'acétolyse sur les grains de pollen actuels, j'ai tenté d'appliquer cette technique aux résidus palynologiques ; les résultats ne se sont pas avérés concluants.

Je me suis donc borné aux opérations suivantes :

a. — **dilution.**

La plupart des résidus retenus pour observation de certaines formes au microscope électronique à balayage avaient été auparavant observés en microscopie photonique dans le milieu de montage de gélatine glycérinée. Je n'ai pas recommencé le traitement chimique du cutting correspondant. La glycérine gélatinée a été diluée dans l'eau bouillante et éliminée par lavages successifs. Le résidu sec récupéré est ensuite dilué dans une quantité d'eau distillée suffisante pour que les particules se déposent dispersées sur la lamelle de 12 mm de diamètre avec le plus de chances d'être isolées et non recouvertes par d'autres particules.

b. — **repérage au microscope photonique.**

Avant le séchage les formes sont identifiées et sélectionnées à l'aide de l'objectif Leitz 40/0,95 apochromatique. L'excellente définition de cet objectif permet de reconnaître les formes et espèces avec une certitude convenable et ceci sans que le résidu ne soit recouvert d'une lamelle. Le repérage est fait sur le chariot et noté. Le résidu est séché à l'air puis les formes retenues sont entourées, sur le microscope, d'un anneau d'encre de chine tracé à l'aide d'une plume très fine. Un schéma de la disposition des divers anneaux est établi avec indication de la forme entourée. Il sera aisé de la retrouver avec certitude au microscope à balayage.

c. — **séchage et vaporisation.**

Le résidu presque sec monté sur la lamelle de 12 mm doit être totalement séché puis recouvert d'une pellicule de métal conducteur suffisamment épaisse pour être continue, assez fine pour ne pas atténuer le détail des surfaces à observer. Pour cela il est placé dans la cloche d'un évaporateur. Le métal choisi est l'or palladium. La pression est diminuée jusqu'à 10^{-5} mm. Hg et l'or palladium (0,5 g) est vaporisé par chauffage électrique sous vide à 1 200° environ. Elle dure quelques secondes.

Il n'est pas impossible qu'au cours de cette opération certains microorganismes soient déformés ; cela dépend de la rigidité plus ou moins forte de leur paroi. La qualité de l'observation finale est assez variable et aléatoire. Certains résidus offrent d'excellentes images pour la quantité d'or palladium moyenne retenue, d'autres nécessitent plus d'or palladium (pollens frais par exemple), d'autres refusent de donner de bonnes images. J'ai été amené à recommencer de très nombreuses fois ces opérations, voire à refaire le traitement complet de certains échantillons et je n'insiste pas sur la très grosse préparation matérielle à laquelle j'ai consacré un temps précieux.

Source : MNHN, Paris

d. — **observation.**

J'ai effectué personnellement les observations au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris sur un microscope de marque Cambridge, type « Stereoscan ». Il donne d'un objet une vue superficielle stéréoscopique sous un angle variable à volonté. On peut faire tourner l'objet de 360° dans un plan et le basculer de 0 à 90° de sorte que seule la face en contact avec la lamelle ne peut être observée. Les grandissements vont en pratique de 20 à 60.000 fois.

e. — **photographie.**

Les photographies peuvent être prises à tous les grandissements possibles. J'avais déjà souligné (Y. R. 1968) l'intérêt pour la rigueur des comparaisons morphologiques de réaliser les photographies des objets à des grandissements réels préalablement choisis et fixes et proposé, pour les spores et les Dinoflagellés des grandissements par 1.000 et 5.000, pour les pollens un grandissement par 2.000 suivi d'un par 10.000. Dans le présent ouvrage toutes ces normes sont retenues à l'exception du grandissement 2.000 des pollens qui a été ramené à 1.000 en vue de la confrontation des images de microscopie photonique et de microscopie électronique. Ce qui importe c'est que les images offertes et confrontées résultent de prises de vues de photographie à un grandissement identique et non d'agrandissements photographiques variables des clichés.

III. — NATURE ET ENREGISTREMENT DES INFORMATIONS

Un certain nombre d'informations relatives à la composition pétrographique des échantillons analysés, à celle de leur contenu palynologique, à la nature et au nombre des divers microfossiles rencontrés, ont été enregistrées d'une manière systématique en respectant des normes constantes afin d'obtenir des résultats cohérents.

1. — *Quantités analysées.*

La composition pétrographique moyenne des cuttings ou carottes analysés est déterminée en observant les fragments à la loupe binoculaire et en utilisant le test de l'acide chlorhydrique. On peut ainsi reconnaître les éléments suivants : calcaire (ou dolomie), marne, argile, anhydrite massive (ou gypse), lignite, sel, grès (ou proportion de grains de quartz).

20 grammes de roches concassées sont soumis au traitement standard indiqué ci-dessus. Après les derniers lavages le contenu palynologique est recueilli par centrifugation dans un pilulier de 2,4 cm de diamètre et 5 cm de haut. Le résidu « sec » (en fait fortement humecté) est parfaitement mélangé dans un égal volume de gélatine glycérinée — 2 gouttes de mélange chaud calibrées à 0,33 cc. sont déposées sur une lame et couvertes d'une lamelle de 22 × 32 mm ; en général le mélange s'étale et déborde le contour de la lamelle de sorte qu'on peut évaluer à 0,50 cc. la quantité de résidu effectivement observée.

2. — *Grandeurs évaluées.*

La composition globale du contenu palynologique est notée d'après la portion de la surface totale de la lame occupée par chacun des divers constituants : cette fraction est évaluée à l'observation. Si trois constituants occupent des fractions de cette surface égales à $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$ et $\frac{1}{2}$, et si V est le volume total du mélange, les quantités volumétriques réelles des divers constituants mélangés à la gélatine glycérinée sont $\frac{V}{5}$, $\frac{V}{4}$, $\frac{V}{2}$. En fait, afin de faciliter l'enregistrement et les calculs ultérieurs la quantité de chaque élément a été notée de 0 à 5 d'après la hauteur que son volume réel occuperait

Source : MNHN, Paris

dans le pilulier s'il y était individualisé. L'échelle adoptée ne correspond pas aux mêmes valeurs volumétriques pour chacun des éléments ; un degré de cette échelle correspond à :

4 mm pour la matière amorphe ;
1 mm pour les microdébris divers ;
0,5 mm pour les pélites de quartz résiduelles [1] ;
0,25 mm pour les microfossiles.

Ces valeurs ont été choisies pour des raisons pratiques ; en effet, dans un pilulier d'environ 4,5 cm² de section une hauteur de 1,25 mm de microfossiles, soit environ 0,5 cc. correspond à un sédiment exceptionnellement fossilifère du moins dans le Mésozoïque saharien (y compris les lignites) ; par contre une hauteur de 2,5 mm de matière amorphe, soit près de 1,4 cc. est extrêmement fréquente.

Soulignons que les coefficients ainsi enregistrés n'expriment pas des proportions des divers constituants mais des fonctions directes des quantités volumétriques ou pondérales. Il s'agit donc de coefficients de *fréquence absolue* (B. de Jekhowsky 1963).

Remarque.

En deçá et au delà des valeurs 1 et 5 l'indication de la richesse n'est pas précisée ; ainsi les résidus exceptionnellement riches en matière amorphe, débris ou pélites résiduelles sont notés avec un cœfficient respectif 5. Dans ce cas, afin de pouvoir observer les microfossiles, il a été souvent nécessaire de poursuivre le traitement par des techniques adaptées à l'élimination de ces éléments, mais le nombre des microfossiles ainsi concentrés sur une nouvelle lame n'a pas été enregistré dans les données quantitatives.

3. — *Comptage des microfossiles.*

Systématiquement deux lames ont été balayées. Les comptages ne sont pas faits d'une manière globale mais pour chaque espèce de spore, de pollen ou de microplancton organique (nombre d'individus).

A l'aide de ces comptages il est possible d'évaluer la fréquence absolue (exprimée en nombre d'individus) par gramme de roche soit de l'ensemble des microfossiles soit des divers groupes, soit des espèces. Le volume effectivement observé est d'environ 1 cc. Si Xn est le nombre d'individus d'une espèce n, la fréquence absolue par gramme de roche est : $\frac{Xn \times V \text{ en cc.}}{20}$. Le volume V est approximativement déterminable à l'aide des coefficients de fréquence volumétrique de chacun des constituants (matière amorphe, débris, pélites, microfossiles), ou de la hauteur totale dans le pilulier.

4. — *Codification et enregistrement des informations.*

En palynologie stratigraphique les informations de base sont les positions stratigraphiques des diverses espèces micropaléontologiques. Pour les premières nous avons déjà vu le principe de codification employé (chapitre 1) ; pour les secondes la codification est également simple : chaque groupe palynologique est désigné par deux ou trois lettres initiales et chaque espèce du groupe par ces lettres suivies d'un chiffre (Ex. : *Inaperturapollenites turbatus* Balme est codifiée *IZ 6*, c'est-à-dire espèce *6* parmi le groupe des Inaperturés Zonés). On trouvera plus d'explications à ce sujet dans le chapitre suivant.

En palynologie « globale » et surtout en vue des études sédimentologiques ce ne sont pas les seules informations à prendre en compte. Il faut noter toutes celles qui définissent le contenu palynologique de l'échantillon, mais aussi toutes les données pétrographiques et lithologiques qui le caractérisent ou le situent.

1. Je rappelle qu'il s'agit des grains de quartz inférieurs à 150 μ recueillis avec le résidu palynologique. Dans ce travail, et afin de ne pas alourdir le texte, elles seront parfois désignées par le seul terme de pélites.

Source : MNHN, Paris

Enfin selon la position géographique des coupes les successions palynologiques sont variables, il faut donc noter les coordonnées générales.

On voit donc que ces trois catégories d'informations ne sont pas du même niveau logique :

— les positions géographiques et stratigraphiques affectent toutes une coupe (série d'échantillon) : niveau 1....

— les propriétés pétrographiques et celles du contenu palynologique global n'affectent qu'un seul échantillon : niveau 2.

— les informations taxinomiques qualitatives (espèce reconnue) et quantitatives (nombre d'individus comptés) sont des informations de base propres : niveau 3.

Une disposition logique consistait donc à créer trois fichiers séparés destinés à enregistrer chacune des informations du même niveau. L'avantage pratique d'un tel système en ce qui concerne la gestion des données a été largement souligné dans une note récente (Y. Reyre 1972) où l'on trouvera en outre une description de tous les traitements (tris, associations, classements, corrections d'erreurs ponctuelles ou systématiques) préalables à la mise en œuvre des programmes de recherche géologique proprement dits.

a. — Fichier 1 : dénomination et position géographique et altimétrique des coupes étudiées (voir fig. III, 1).

b. — Fichier 2 : composition pétrographique de l'échantillon et composition globale de son résidu palynologique (fig. III, 2).

Sont enregistrés dans des colonnes successives :

— le sondage (sigle),

— l'échantillon (profondeur dans le sondage),

— les données palynologiques globales, soit :
  - la quantité de pélites de quartz résiduelles (blanc à 5 = 6 classes),
  - la quantité de matière amorphe (blanc à 5 = 6 classes),
  - l'état diagénétique de la matière amorphe (JJ, JN, NJ, NN suivant le degré croissant de carbonisation = 4 classes),
  - la quantité totale des débris (blanc à 5 = 6 classes),
  - les proportions des divers débris (7 classes, voir ci-dessous la codification implicite),
  - l'état diagénétique des débris de bois (comme pour la matière amorphe),
  - la richesse absolue évaluée en microfossiles divers (6 classes),

— les données géologiques classiques, soit :
  - l'intervalle stratigraphique ou la formation d'où provient l'échantillon,
  - la composition pétrographique de l'échantillon (voir ci-dessous la codification implicite),
  - la composition lithologique moyenne de l'intervalle stratigraphique d'où provient l'échantillon [1].

Remarque.

La proportion de chaque constituant pétrographique de l'échantillon est indiquée par une codification implicite d'après l'emplacement des colonnes où il est littéralement désigné par les trois premières lettres :
Ex. : CAL — — = 100 % de calcaire
CAL — ARG = 80 % de calcaire et 20 % d'argile
CAL/ARG/GRE = 50 % de calcaire, 30 % d'argile, 20 % de grès.

1. L'intervalle ou la formation parastratigraphique présente à l'endroit du sondage une certaine lithologie schématisée sur le log. Ce qui est indiqué ici, c'est l'épaisseur additionnée de chaque constituant, carbonate, argile, grès, anhydrite, sel, lignite, rapportée à l'épaisseur totale de la formation.

Source : MNHN, Paris

On peut par ce procédé exprimer les 0, 20, 30, 50, 70, 80, 100 % de chaque élément. Le même procédé d'enregistrement est utilisé pour indiquer les quantités absolues (en même temps les proportions) des divers débris reconnaissables.

— Les vaisseaux de bois et cuticules où on reconnaît la forme des cellules sont codifiés B.
— Les microspicules d'éponge sont codifiés S.
— Les débris lamellaires de couleur ambre à foncée de surface relativement grande et de contour irrégulier en général anguleux sont codifiés T (rares).
— Les petits points plus ou moins arrondis (fragments de charbon, pyrite ?) sont codifiés I.
— Les rares cellules interprétées comme des Algues sont codifiées A.
— L'état diagénétique de la matière amorphe d'une part, des débris de bois d'autre part, est évalué par référence aux photographies en couleur de la planche 1 de l'article de Staplin 1969. Quatre degrés sont exprimés et enregistrés :

JJ : état équivalent à celui des fig. 1-2 de Staplin (aucune altération)
JN : fig. 1-4 (altération faible)
NJ : fig. 5-7 (altération assez forte)
NN : fig. 8-9 (altération totale).

c. — Fichier 3 : informations proprement paléontologiques (fig. III. 3). Y sont enregistrées dans un format répété par 4, les diverses espèces rencontrées avec leur nombre d'individus. On dispose ainsi de la documentation de base le plus analytique possible. L'avantage pratique d'un tel enre-

N° de fichier Sondages (Sigles)	Régions n° du sondage	Nom du sondage ou de la coupe	Longitude			Latitude			Altitude			
1ZR 1	537	EMLET EL BAZIMA	70	32		320	57		80	5	1259	2819
1TA 1	547	AMERNA	46	4	3	370	13	72	60	5	1650	
1AB 1	61	QUED MOHAIGUEME	20	43	49	320	49	57	738	6	482	
10E 1	62	ERMAT EL ACHA	20	17	57	310	10	39	494	6	197	855
1ST 1	63	SETTAR	40	34	24	290	54	49	261	6	1569	1561
10F 1	64	IET EL FRASS	40	22	08	280	57	12	396	6	1229	

Fig. III. 1. — *Fac simile* du listing de quelques cartes du fichier 1 et indication des informations de niveau logique 1.

			Matière organique amorphe									Composition Lithologique de la formation					
			Minéraux			Débris											
N° de fichier Sondages (Sigles)		Profondeur en mètres	Quantité totale Qualité et pourcentage	Quantité état diagénétique	Quantité qualité et pourcentage	état diagénétique bois	Quantité microfossiles	Stratigraphie	Composition pétrographique échantillon	Carbonates	Argile	détritiques	Anhydrite	Sel	Lignite
208	1	128	1QP	1JJ	488I	NJ 5	7A		ARGGRE	2	64	34			2
208	1	145		3JN	3IIB	NJ 2	6		ARG	10	61	29			
208	1	2 2	1QP	3JJ	28IB	NJ 5	6		ARGGRE	10	61	29			
208	1	239	1P	2JJ	488I	JJ 5	6		ARG	10	61	29			
208	1	283	1QO	2JJ	3I8S	NJ 2	5		ARG GRE	23	47	3	27		
208	1	321		1JN	4TTB	JN 3	5		ANHARG	23	47	3	27		

Fig. III. 2. — *Fac simile* du listing de quelques cartes du fichier 2 et indication des informations de niveau logique 2.

N° de fichier Sondages (Sigles)		Profondeur en mètres	Groupe	Espèce n°	Nombre individus	Groupe	Espèce n°	Nombre individus	Groupe	Espèce n°	Nombre individus	Groupe	Espèce n°	Nombre individus
3SN	1	224	ML	2	1	TL	3	2	TR	16	6	DIS	9+1	3
3SN	1	226	DIS	5	1	DIS	78	43	DIS	9	43	CLA	21	2
3MG	1	15°0	ML	2	28	IPG	6	18	TL	3	19	TR	16	8
3MG	1	15°0	DIS		4	CLA		7	PLT	16	1	FOR		11
3MG	1	15°0	SID		4									
3MG	1	1535	ML	2	30	IPG	6	20	TL	3	10	IZ	21	1

Fig. III. 3. — *Fac simile* du listing de quelques cartes du fichier 3 (informations paléontologiques de base).

Source : MNHN, Paris

gistrement est lié au fait que la codification des espèces exprime déjà le groupe morphologique auquel elles appartiennent et même la taille en ce qui concerne les pollens inaperturés (voir ci-dessous, chapitre IV, Codification des espèces) ; ainsi les fréquences relatives à un groupe dans une population donnée peuvent être immédiatement obtenues par tri alors que si les espèces étaient nommées il faudrait, pour effectuer les mêmes calculs, désigner au préalable et individuellement les espèces du groupe considéré.

d. — Fichier 4 : table de gestion pour la codification, la numérotation et le classement des divers groupes palynologiques (fig. III. 4).

N° de Fichier Code du Groupe	← Classification emboîtée →				N° du Groupe	N° de Carte
4TL	SPORES	TRILETES	LISSES	LISSES	1	270
4TLR	SPORES	TRIL. A PERSP	LISSES	LISSES	2	280
4TLZ	SPORES	TRIL. A CING.	LISSES	LISSES	3	290
4TV	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	VERRUQUEUSES	4	300
4TVP	SPORES	TRIL. A PERSP	ORNEMENTEES	VERRUQUEUSES	5	310
4TVZ	SPORES	TRIL. A CING.	ORNEMENTEES	VERRUQUEUSES	6	320
4TB	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	BULLIFORMES	7	330
4TO	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	RAOIEES	8	340
4TG	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	GRANULEUSES	9	350
4TR	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	RETICULEES	10	360
4TU	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	RUGULEES	11	370
4TP	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	A POILS	12	380
4TC	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	CICATRICOSEES	13	390
4TS	SPORES	TRILETES	ORNEMENTEES	A EPINES	14	400
4TSZ	SPORES	TRI4. A CING.	ORNEMENTEES	A EPINES	15	410
4ML	SPORES	MONOLETES	LISSES	LISSES	16	420
4MG	SPORES	MONOLETES	ORNEMENTEES	GRANULEUSES	17	430
4MV	SPORES	MONOLETES	ORNEMENTEES	VERRUQUEUSES	18	440
4MP	SPORES	MONOLETES	ORNEMENTEES	PONCTUEES	19	450
4SIO	SPORES	INDETERMINEES			20	460
4SSP	SPORES	SPECIALES			21	470
4IPL	POLLENS	INAPERTURES	PETITS	LISSES	22	480
4IPG	POLLENS	INAPERTURES	PETITS	GRANULEUX	23	490
4IGL	POLLENS	INAPERTURES	GRANDS	LISSES	24	500
4IGP	POLLENS	INAPERTURES	GRANDS	GRANULEUX	25	510
4IP	POLLENS	A UN SAC			26	520
4DIS	POLLENS	A DEUX SACS			27	530
41CL	POLLENS	MONOCOLPES			28	540
43CL	POLLENS	TRICOLPES			29	550
4EPH	POLLENS	O EPHEDRALES			30	560
4GNT	POLLENS	DE GNETALES			31	570
4PPO	POLLENS	PRE PORES			32	580
41PO	POLLENS	MONOPORES			33	590
4PSP	POLLENS	SPECIAUX			34	600
4CLA	POLLENS	CLASSOPOLLIS			35	610
4PIO	POLLENS	INDETERMINES			36	620
4PLT	PLANCTON				37	630
4FOR	FORAMIN.				38	640
4SPI	SPICULES				39	650
4ISO	INC.SED.				40	660
41CLP	POLLENS	COLPES A PER.			41	670
4TZ	POLLENS	INAPERTURES	ZONES		42	680

FIG. III. 4. — *Fac simile* du listing du fichier 4. Classification, codification et numérotation des groupes palynologiques.

5. — *Principales expressions statistiques utilisées.*

Pour ce qui concerne les définitions et les expressions mathématiques des élémentaires notions de statistique qui seront utilisées dans ce travail je renvoie le lecteur à l'article de B. de Jekhowsky 1963, b, « Sur les diverses notions de « fréquence » intéressant l'étude des populations fossiles, spécialement en Palynologie ».

Source : MNHN, Paris

Cette étude fera appel à quatre sortes de notions statistiques que je préfère rappeler dès maintenant.

a. — Les fréquences *absolues* (exprimées par un nombre brut) pondérales (c'est-à-dire par gramme de roche) ou les coefficients de richesse évalués comme indiqué ci-dessus concerneront :

— les Microforaminifères (FOR)
— les Acritarches (PLT)
— l'ensemble FOR + PLT
— les spores et des pollens
— les divers groupes morphologiques de spores ou de pollens.

b. — Les fréquences *relatives* (exprimées en pourcentage car résultant d'un rapport, concerneront les mêmes groupes :

$$\text{— Microforaminifères} = \frac{\text{nbre de FOR}}{\text{Totalité des individus}}$$

$$\text{— Acritarches} = \frac{\text{nbre de PLT}}{\text{Totalité des individus}}$$

$$\text{— microfossiles non terrestres} = \frac{\text{nbre de FOR} + \text{nbre de PLT}}{\text{Totalité des individus}}$$

$$\text{— spores et pollens} = \frac{\text{nbre de spores} + \text{nbre de pollens}}{\text{Totalité des individus}}$$

$$\text{— spores légères} = \frac{\text{nbre de spores légères}}{\text{nbre de spores et pollens.}}$$

$$\text{— spores lourdes} = \frac{\text{nbre de spores} - \text{nbre de spores légères}}{\text{nbre de spores et pollens}}$$

$$\text{— grands pollens} = \frac{\text{nbre de lGL} + \text{nbre de lGP} + \text{nbre de lZ}}{\text{nbre de spores et pollens}}$$

$$\text{— petits pollens} = \frac{\text{nbre de pollens} = (\text{nbre de grands pollens} + \text{Disaccites})}{\text{nbre de spores et pollens}}$$

$$\text{— Disaccites} = \frac{\text{nbre de DIS}}{\text{nbre de spores et pollens.}}$$

Toutes ces fréquences relatives concernant les groupes seront utilisées surtout dans l'étude des variations latérales en vue des interprétations paléogéographiques alors que les fréquences relatives des espèces ou des genres : $\frac{\text{nbre d'individus du groupe systématique}}{\text{nbre de spores et pollens}}$ seront utilisées, elles, pour établir les tableaux illustrant l'évolution de la microflore saharienne au cours du Secondaire d'une part, pour l'interprétation stratigraphique en ordinateur d'autre part.

c. — Le *taux de dispersion* des microfossiles au sein du résidu palynologique : (nombre d'individus compté sur 2 lames).

d. — Le *degré de concentration* (nombre d'espèces différentes dans un résidu).

6. — *Valeur des mesures enregistrées.*

En ce qui concerne toutes les fréquences relatives ainsi que le nombre des différentes espèces, une importante remarque doit être faite : la valeur statistique de ces fréquences dépend du nombre d'individus effectivement compté ; or celui-ci est très variable selon les échantillons. Pour obtenir des données de même valeur statistique il eût été préférable de choisir une base fixe de comptage. Comme il est commode d'exprimer les fréquences relatives en pourcentage, la base naturellement indi-

Source : MNHN, Paris

quée était 100 individus (le plus couramment admise en palynologie quantitative). Compte tenu de la nature de la présente étude cette condition n'a pu être mise en pratique pour deux raisons :

a. — Le fait que de nombreux niveaux du Mésozoïque sabarien ne sont que très peu ou pas du tout fossilifères ; la détermination de 100 individus eût nécessité soit l'observation de nombreuses lames, soit le traitement de grandes quantités de sédiment — je ne disposais souvent que de 40 à 60 gr. de cuttings — ou s'avérait impossible.

b. — Le choix délibéré d'effectuer une étude globale de la matière organique ; ce choix impliquant un traitement qui est loin de réaliser une parfaite concentration des microfossiles. La solution idéale était d'opérer d'abord les mesures concernant la composition globale du résidu palynologique (à la fin du traitement standard) puis de mettre en œuvre un traitement adapté de concentration des microfossiles. Cette solution n'était pas à la portée d'un chercheur isolé.

Pour conclure, quelle est la valeur d'ensemble des résultats statistiques utilisés dans cette étude ? Pour 1.200 échantillons analysés, 25.217 individus ont été identifiés soit une moyenne de 21 seulement par échantillon au lieu de la base théorique 100. En outre le nombre d'individus effectivement comptés par échantillons varie de 0 à 400. La valeur statistique des fréquences relatives est donc très variable selon les échantillons mais dans cette étude il a été principalement fait appel à des fréquences concernant les ensembles de populations « ponctuelles » d'une même formation soit pour un sondage donné, soit pour une région donnée, soit pour toute la partie du Sahara étudiée. La base statistique de ces fréquences relatives concernant ces populations « cumulées » est largement suffisante pour que celles-ci soient exprimées en pourcentage.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE IV

LES SPORES ET LES POLLENS DU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN ÉTUDE SYSTÉMATIQUE ET RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE

I. — INTRODUCTION

L'analyse qualitative consiste, selon B. de Jekhowsky (1958) « *à individualiser ou à déterminer les diverses espèces et à en étudier la répartition verticale, soit pour chaque forme isolément, soit pour un ensemble d'entre elles (association qualitative).* » Dans ce chapitre c'est donc l'étude systématique des spores et pollens qui sera présentée (à l'exception de celle des *Classopollis* à laquelle une précédente publication [1] fut consacrée). Pour les groupes systématiques les plus intéressants sera donné un tableau de répartition stratigraphique quantitative de chaque espèce ou forme décrite dans le texte. Ces tableaux résultent de la compilation en ordinateur de 25.000 déterminations de grains pour l'ensemble du Mésozoïque saharien.

A. — Classification adoptée.

La classification adoptée est celle dont le principe exposé par R. Potonié (1956-58-60) est acceptée par la majorité des palynologues. Il s'agit d'une classification morphologique ou morphographique [2], c'est-à-dire basée sur la morphologie des individus.

Selon les caractères morphologiques et leur hiérarchie, les individus sont classés en groupes, sous-groupes, genres, espèces. En ce qui concerne les spores et les pollens, il s'agit d'un système de classement artificiel sans souci de leur appartenance ou de leur affinité botaniques. Seuls quelques groupes morphologiques ont une signification botanique d'ailleurs très vague : les Disaccites par exemple sont des pollens de Coniférales, les Polyplicates des pollens d'Ephédrales ou de Gnétales, etc...

Certains auteurs ont tenté d'établir une classification naturelle basée sur la comparaison morphologique des spores et pollens fossiles dispersés avec ceux de genres actuels (N. A. Bolchovitina 1956, S. J. Pocock 1962), dont les noms sont d'ailleurs repris dans la nomenclature qu'ils utilisent. Il s'agirait là non de morphogenres (*formgenus* en anglais) mais de genres botaniques (*organ-genus*). Ces attributions sont généralement très discutables, les ressemblances morphologiques n'impliquant pas une provenance botanique commune.

L'expression d'une affinité botanique probable ou supposée peut dans certains cas trouver place dans la classification morphographique : certains auteurs tels I. Cookson (1947) ou R. A. Couper (1953) ont créé des genres palynologiques en utilisant des noms botaniques auxquels sont ajoutés

1. Y. Reyre, 1970.
2. Par analogie avec le terme anglo-saxon très usité « morphographical ».

Source : MNHN, Paris

des suffixes (ites, sporites, idites, pollenites) ; ces genres impliquent une possibilité d'affinité botanique avec le genre ou la famille actuelle ou fossile évoquée. Lorsqu'ils sont basés sur des considérations exclusivement morphologiques, ils sont tout à fait acceptables taxonomiquement même si l'interprétation botanique est erronée. De telles appellations ne sont donc pas sans danger.

Finalement, seule la classification morphologique constitue dans l'état des connaissances un cadre solide et universel pour la désignation des genres et des espèces. « En palynologie stratigraphique, écrit C. Pujol (1969, p. 19) ce type de classification présente l'avantage de concevoir les spores et les pollens comme des microfossiles avant de rechercher les affinités botaniques de ces formes ».

B. — Valeur de l'espèce palynologique.

La valeur de l'espèce palynologique ne sera pas fondamentalement discutée ici mais certains problèmes concernant la définition des espèces seront évoqués car ils se sont posés au cours de l'analyse qualitative des formes du Mésozoïque saharien. Sur 25.217 individus observés et déterminés, j'ai recensé 686 formes dont certaines sont bien individualisées, d'autres voisines. Parmi ces dernières, deux cas se présentent : ou bien elles peuvent être, chacune, attribuées à des espèces différentes déjà définies mais qui sont si affines qu'il se pose un problème de révision taxinomique (faut-il ou non mettre les différentes espèces en synonymie ?) ; ou bien elles ne correspondent chacune à aucune espèce déjà décrite et la question est de savoir s'il faut créer une ou plusieurs espèces. En fait, la définition et la délimitation de l'espèce palynologique sont liées à la valeur qu'on entend donner à celle-ci.

1. — *Valeur botanique.*

La valeur botanique de l'espèce palynologique, c'est-à-dire sa signification taxinomique (correspond-elle à un genre, un groupe d'espèces, une espèce ?) est variable selon les familles, les genres et les espèces botaniques considérés. J'ai déjà traité de cette signification en ce qui concerne les pollens inaperturés de Gymnospermes actuelles ou fossiles (Y. Reyre 1968 a). Pour les spores de fougères et les pollens d'Angiospermes, aucune investigation à la fois précise et exhaustive n'a encore été réalisée. J'ai étudié en microscopie photonique et électronique les spores ou les pollens de quelques groupes d'espèces affines dont certains présentent des cas d'hybridation naturelle ou artificielle. Ces groupes appartiennent aux genres suivants : *Asplenium*, *Polypodium*, *Polystichum*, *Linaria*, *Anemone*, *Aloe*, *Cistus*, *Helianthemum*, *Armeria*, *Sorbus*, *Carpinus*, *Lycopersicon*, *Solamum*, *Capsicum*. Les résultats détaillés et illustrés feront l'objet d'une publication ultérieure mais leur interprétation peut se résumer de la manière suivante :

— la morphologie d'une espèce botanique bien définie est en général constante ;
— des espèces affines peuvent avoir un pollen ou une spore de morphologie identique ;
— des espèces voisines mais montrant de nettes différences dans l'appareil végétatif ou floral peuvent avoir un pollen identique ;
— des espèces voisines montrant de très faibles différences dans l'appareil végétatif ou floral peuvent avoir un pollen différent ;
— à l'intérieur des groupes d'espèces affines les cas d'hybridation sont nettement plus fréquents entre espèces ayant un pollen de même morphologie qu'entre espèces ayant un pollen même légèrement différent (au niveau de la sculpture en particulier).

La spore ou le pollen apparaissent donc comme des éléments enregistreurs de l'évolution des espèces bien que l'intensité de l'évolution génétique ne soit pas forcément proportionnelle à l'intensité de la modification morphologique du pollen ou de la spore. Ainsi, dans la nature actuelle, l'espèce palynologique telle qu'il est aujourd'hui possible de la définir après une étude précise — faisant appel en particulier à l'observation en microscopie électronique lorsqu'il s'agit de pollens — correspond *en général* à une seule espèce botanique précise ou à un groupe d'espèces affines où les cas d'hybridation naturelle sont fréquents, la séparation génétique n'étant pas encore définitivement affirmée.

2 564 039 6

7 Source : MNHN, Paris

De ces résultats, il ressort que l'analyse qualitative des pollens et spores dispersés dans les sédiments doit tenir compte des plus petitse variations morphologiques (de la sculpture notamment) ; les espèces palynologiques ainsi créées ont en effet de grandes chances de correspondre au moins à des groupes d'espèces voisines du monde ancien.

2. — *Valeur stratigraphique.*

Pour le stratigraphe la définition de l'espèce paléontologique est fonction de son utilité stratigraphique. Des formes voisines mais montrant tout de même des différences morphologiques seront englobées dans une même espèce de large définition si elles se présentent avec la même répartition stratigraphique. Au contraire, si elles ont des répartitions stratigraphiques nettement différentes, ces mêmes formes feront l'objet de définitions spécifiques séparées.

N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967) ont proposé une méthode de définition des genres et des espèces palynologiques pré-quaternaires. Préoccupés par la définition de taxa à usage stratigraphique, ils écrivent (p. 348) « A sign of advance would be the open use of a stratigraphical prefix on generic names, rather than adherence to a pure overall morphological classification ». La principale recommandation de ces auteurs est de ne créer de nouvelles espèces qu'à partir d'une population provenant d'un même échantillon et supérieure à cent individus... Ce nombre apparaît suffisant pour enregistrer la variabilité d'une population. Mais le choix des cent individus qu'on traite comme constituant une population homogène reste subjectif et le fait qu'ils proviennent du même gisement n'implique pas nécessairement qu'ils aient été produits par la même espèce botanique. On crée ainsi, en général, non pas une espèce « *palyno-botanique* » analogue à celle qu'on peut définir dans le monde actuel à propos d'une espèce botanique bien délimitée, mais une espèce « *paléonto-palynologique* » englobant des spores ou des pollens ayant été produits par des espèces botaniques probablement voisines ayant vécu à la même époque et dans le même milieu. Les recommandations de N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart conduisent ainsi à définir des espèces paléontologiques que je qualifierai de « *globales* » dont l'utilisation en stratigraphie est aisée et sûre. Notons cependant que de telles espèces ne peuvent fournir une indication stratigraphique aussi précise que chacun des types polliniques botaniquement spécifiques qu'elles englobent, types difficiles à individualiser autrement que par des méthodes statistiques [1].

C. — Les espèces du Mésozoïque saharien.

La méthode de N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967) n'a pu être appliquée qu'en de rares cas dans l'étude qualitative des sédiments trop pauvres du Mésozoïque saharien. De nombreuses formes sporopolliniques apparemment nouvelles ont été rencontrées en quantité faible ; elles sont figurées mais laissées en nomenclature ouverte dans le présent ouvrage. Le principe de la recherche préférentielle d'espèces à usage stratigraphique a cependant été mis en pratique. Les 686 formes recensées ont été enregistrées, préalablement codifiées, dans le fichier mécanographique au fur et à mesure de leur rencontre dans l'examen des préparations. Une étude statistique de leur répartition stratigraphique, qualitative et quantitative basée sur les 25.217 individus déterminés a été opérée par tris en ordinateur. Les formes voisines dont la répartition stratigraphique est identique ou presque ont fait l'objet d'un regroupement. L' « espèce globale » ainsi définie a gardé la codification de l'une des formes ; la mise en équivalence des autres formes a été opérée dans le fichier par un ordre de programmation adapté.

1. La recherche de ces types peut se faire à l'aide de méthodes statistiques graphiques (idéogrammes, A. Pons 1957) ou numériques (théorie des grappes) ou par le recours à l'informatique. Remarquons toutefois que, pour être concluants, de tels procédés doivent être appliqués sur plusieurs échantillons statistiques, échantillons apparemment ressemblants et prélevés soit dans plusieurs niveaux stratigraphiques voisins soit en plusieurs lieux géographiques d'un même niveau. Seule la mise en évidence d'un même type dans au moins deux échantillons statistiques différents permettrait d'admettre qu'on cerne là un taxon non pas artificiel — c'est-à-dire dépendant de l'échantillon retenu — mais naturel puisque s'individualisant quelle que soit le population analysée.

Source : MNHN, Paris

Exemple.

Les formes codifiées *IZ 22*, *IZ 22,1* et *IZ 25,1* (toutes trois attribuées à l'espèce *Zonalapollenites trilobatus* Balme mais légèrement différentes entre elles) ont été recensées et comptées séparément. Chacune d'elles a une répartition très large au cours du Jurassique. Elles ont donc été groupées pour former une espèce globale codifiée IZ 22 ; un ordre de programmation a systématiquement englobé toutes les codifications *IZ 22,1* et *IZ 25,1* en *IZ 22*, tout en gardant la mémoire de la répartition de chaque forme.

En résumé, les espèces décrites ou citées dans le présent travail sont, soit des espèces monomorphes bien caractérisées, soit des espèces globales, aux individus montrant de légères variations morphologiques, définies en raison de leur intérêt stratigraphique. La signification botanique des premières est en principe plus précise que celle des secondes mais, dans les deux cas, l'attribution botanique précise reste généralement incertaine sauf, nous le verrons, en ce qui concerne certains pollens.

1. — *La codification des groupes et des espèces.*

La codification des groupes palynologiques a été effectuée en utilisant deux ou trois lettres évoquant leurs caractères morphologiques (ex. : *TV* = trilètes verruqueuses, *TLP* = trilètes lisses à périspore). Pour codifier les espèces, un chiffre ou un nombre suit la désignation du groupe auquel elles appartiennent (ex. : TL 30, MV 6). Ce chiffre ou nombre n'est autre que le numéro d'ordre dans lequel elles ont été recensées au hasard des observations. Il est donc possible de codifier un nombre d'espèces infini à tout utilisateur du fichier désireux d'augmenter l'information en introduisant les résultats d'éventuelles analyses ultérieures. La codification de chaque forme sera indiquée à côté de sa description afin de rendre le fichier utilisable d'un point de vue pratique et systématique. En ce qui concerne les pollens inaperturés il a été tenu compte de la taille, ceci afin de faciliter les calculs nécessités par les recherches paléogéographiques en particulier.

Exemple.

Les Aletes (Ibrahim 1933) ont été codifiés IP lorsqu'ils sont petits et IG lorsqu'ils sont grands, ce qui permet de les séparer en tant que particules sédimentaires. Mais la codification les distingue également et simultanément du point de vue morphographique, donc systématique : ainsi on a des IPL (lisses) et des IPG (granuleux) ainsi que des IGL et des IGP (ponctués).

Tous les groupes palynologiques retenus dans le présent travail sont codifiés dans le fichier 4 qui n'est qu'une simple table de gestion commode pour effectuer des tris de sélection (fig. 111. 4). On y voit que chaque groupe élémentaire a un numéro propre mais qu'il fait partie d'autres groupes plus généraux (ex. : 22 et 23 constituent les petits inaperturés qui avec 24 et 25 constituent les inaperturés, etc...).

2. — *Présentation des résultats.*

a. — Texte et figurations.

Les formes seront décrites par groupes morphologiques correspondant à peu près à ceux du Système de Potonié. Un sous-chapitre traitera de chaque groupe. Dans ces sous-chapitres, la description des espèces sera faite dans l'ordre d'apparition dans l'échelle stratigraphique descendante. Cet ordre a été jugé préférable à un ordre basé sur des considérations morphologiques fines ou même systématiques (certaines espèces du même genre seront parfois décrites avec un intervalle de plusieurs pages) parce qu'il permet une illustration directement utilisable en stratigraphie. Notons cependant qu'en raison des difficultés de cadrage, quelques entorses au principe de cette disposition sont présentes dans l'illustration.

b. — Tableaux de répartition.

A partir du fichier et à l'aide d'un programme de tri et de calculs simples sur ordinateur ont été réalisés, pour chacun des groupes morphologiques, des tableaux de répartition stratigraphique

Source : MNHN, Paris

des espèces. Seuls sont ici présentés ceux qui concernent les groupes les plus importants du point de vue de la stratigraphie (fac-simile des listings). Les espèces y sont également triées par ordre d'apparition dans l'échelle stratigraphique descendante mais ne sont citées que par leur nombre de codification (1re ligne). Sur ces tableaux, sont indiqués :

— 1re colonne : les étages ou les formations.

— 2e colonne : la fréquence relative de l'ensemble du groupe par rapport à l'ensemble des spores et des pollens dans l'étage ou la formation.

— 3e colonne : le nombre absolu de toutes les espèces du groupe dans l'étage ou la formation.

— dans les colonnes correspondant à chaque espèce : la fréquence relative de l'espèce par rapport à l'ensemble du groupe dans l'étage ou la formation.

Remarques.

a. — Les fréquences relatives des espèces par rapport à l'ensemble des spores et des pollens n'ont pas été exprimées car elles correspondent très souvent à des chiffres très faibles elles peuvent être retrouvées en tenant compte de la fréquence relative de l'ensemble du groupe (2e colonne).

b. — Ces fréquences sont exprimées en pourcentage : il s'agit d'un procédé commode d'expression de la proportion observée mais sans rigueur statistique ; dans de trés nombreux cas, en effet, le nombre des espèces du groupe est inférieur à 100.

c. — Les indications qui paraissent résulter soit de retombées de cuttings soit de remaniements ont été rayées d'une croix. Ces tableaux permettent au lecteur de se faire une opinion, pour chaque groupe ou chaque espèce, des périodes d'apparition, d'expansion et de disparition. Ils mettent en évidence les associations qualitatives (ensembles d'espèces de même répartition stratigraphique) propres à chaque groupe morphologique. Ils permettent d'apprécier la valeur stratigraphique de chaque espèce : 1. — d'après l'extansion totale de sa répartition ; 2. — d'après les variations de fréquence moyenne selon les étages où elle est présente.

d. — Enfin, ces tableaux constituent un outil de discussion stratigraphique en ce qui concerne l'âge ou la corrélation des formations élémentaires constituantes du Trias et du Lias-Dogger inférieur notemment. Il est aisé en effet d'y comparer le contenu microfloristique de chacune d'elles.

3. — *Nomenclature adoptée.*

a. — **Espèces.**

Toutes les formes figurées sont décrites dans le texte et la quasi-totalité déterminées spécifiquement. J'ai suivi la recommandation de N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967 a, p. 353) : un *degré de ressemblance avec l'espèce-type* (exprimé par un *cf.* suivi d'une lettre *A*, *B* ou *C*) précède chaque nom d'espèce. Cette disposition systématique doit être interprétée comme l'expression d'une nuance dans la détermination et non d'un doute sur l'opportunité de celle-ci.

b. — **Genres.**

Compte tenu de la diversité, de la complexité et de l'ambiguïté des nombreux genres de formes créés, il est souvent plus malaisé d'attribuer une forme à un genre qu'à une espéce. Au début de chaque sous-chapitre je ferai donc une bréve révision critique des genres de forme auxquels je me suis référé ou que j'ai au contraire écartés.

Je rappellerai les principaux caractères de chaque genre tels que les exprime la diagnose ou tels qu'ils ressortent de l'interprétation la plus courante. Pour certains genres, je préciserai l'acception qui leur est donnée dans ce travail (cette acception correspondra généralement à un sens *p.p.* de la diagnose).

En ce qui concerne le groupe des pollens inaperturés les observations en microscopie électronique à balayage m'ont conduit à proposer une classification et une nomenclature nouvelles.

Source : MNHN, Paris

Dans le monde actuel les caractéres polliniques ayant valeur générique sont variables selon les familles, mais ils peuvent être reconnus assez objectivement. Pour les pollens fossiles le choix d'une hiérarchie des caractères ne s'appuie pas sur un support botanique. La conception du genre dépend alors de l'auteur, d'oú les nombreuses définitions génériques entraînant chacune un certain nombre de combinaisons systématiques nouvelles. Afin de ne pas brouiller une bibliographie déjà trés confuse, j'ai adopté pour le présent travail le principe suivant : lorsqu'une forme est voisine d'une espéce décrite elle est conférée à l'espéce orígínale sans tenir compte des combinaisons proposées ultérieurement ; ces combinaísons seront cependant citées. En outre, la rapíde revue des genres présentée au début de chaque chapitre ne m'a pas entraîné systématiquement dans des combinaisons nouvelles (sauf dans les cas que j'aí considérés comme parfaitement justifiés). Cette revue se justifiait pleinement toutefois pour classer des formes nouvelles ou que je n'ai pas, pour ma part, rencontrées dans la bibliographie et quí, n'étant pas présentes en quantité suffisante pour qu'une espèce nouvelle soit créée, sont attribuées à un genre uniquement.

II. — LES SPORES TRILÈTES LISSES (*TL*)

A. — Les genres.

1. — *Les trilètes lisses d'allure globulaire* (fig. IV. 1).

Le genre *Todisporites* Couper 1958 désigne des spores trilètes plus ou moins sphériques, à l'exine fine, lisse ou scabre, et aux longues laesurae. La figuration des espéces (R. A. Couper 1958, Pl. 16, fig. 6-8 et 9-10) montre qu'il s'agit de spores pouvant être pliées mais non plissées, c'est-á-dire de spores dont l'exíne a une relative rigidité. Couper marque ainsi une différence d'ordre générique avec le groupe de spores orígínellement sphériques mais très plissées secondairement, donc à l'exine peu rigide, spores qu'il range dans le genre *Calamospora* Schopf ex Schopf, Wilson et Benthall 1944 in R. Potonié et G. Kremp 1955.

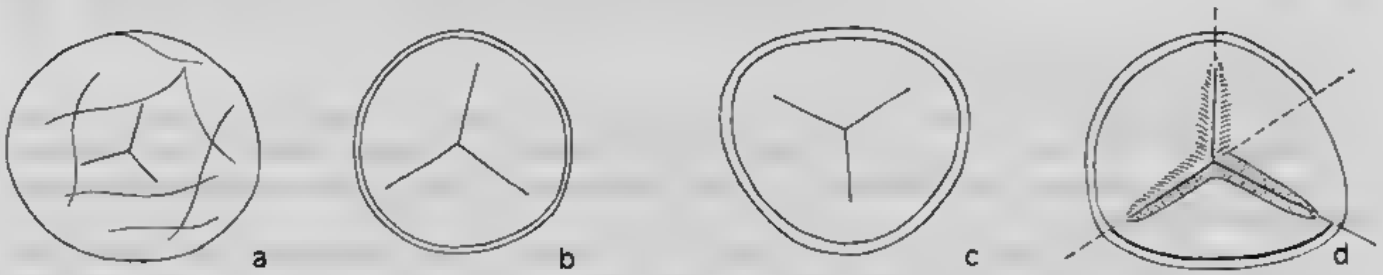


Fig. IV. 1. — Représentation schématique des principaux genres retenus pour classer les spores trilètes lisses d'allure globulaire.
a. *Calamospora* ; b. *Todisporites* ; c. *Leiotriletes* ; d. *Matonisporites*.

Leiotriletes (Naumova 1937) Thomson et Pflug 1954 : ce genre est largement utilisé par de nombreux auteurs ; il a été inclus par C. Singh 1964 dans le genre *Lygodiumsporites* de signification morphographíque trop large.

Dans le présent travail ont été attribuées au genre *Leiotriletes* les spores trilétes globulaires lisses dont l'exine, d'une épaisseur notable, est ferme et montre une ou deux couches.

Le genre *Lygodiumsporites* (Potonié, Thomson et Thiergart 1950) C. Singh 1964 désigne des spores de contour équatorial triangulaire, arrondi aux angles largement arrondis et dont l'exine, allant de lisse à subgranuleuse, est moyennement épaisse.

Le genre *Matonisporites* Couper 1958 a été employé pour désigner des spores trilètes lisses de contour équatorial triangulaire arrondi, mais dont l'exine est assez épaisse et les laesurae bordées par une « margo » (lèvres de laesurae soit épaíssies, soit bombées). Toutefois, ce genre englobe aussi bien des formes de contour triangulaire convexe et même presque deltoïde.

Source : MNHN, Paris

Le genre *Dictyophyllidites* Couper 1958 désigne également des spores globuleuses, de contour équatorial triangulaire arrondi avec des leasurae bordées par une margo, mais l'exine est fine.

2. — *Les trilètes lisses non sphériques* (fig. IV. 2).

Le genre *Cyathidites* Couper 1958 concerne les spores lisses au contour équatorial triangulaire avec des angles arrondis et des côtés concaves, aux leasurae longues ; les figurations de R. A. Couper (1953, Pl. 2, fig. 11-13 et 1958, Pl. 20, fig. 8-10) montrent une exine fine et des côtés non extrêmement concaves. En fait, les spores triangulaires aux angles très arrondis, aux côtés très concaves et à l'exine épaisse et ferme (ex. : *Concavisporites punctatus* Delcourt et Sprumont 1955) ne sont pas désignées par un genre précis, excepté peut-être le genre *Cardioangulina* (Maljavkina 1949) Potonié 1960 peu usité (employé cependant par H. Döring 1964).

FIG. IV. 2. — Représentation schématique des principaux genres retenus pour le classement des spores trilètes lisses d'allure triangulaire.

a. *Cyathidites* ; b. *Cardioangulina* ; c. *Deltoïdospora* ; d. *Sphagnumsporites*.

Elles ne peuvent non plus être rangées dans le genre *Concavisporites* Pflug 1953 car celui-ci désignerait (Potonié 1956, p. 15 ; Singh 1964, p. 77) des spores petites et munies de plis arqués entre les *laesurae* = « *tori* » = « *Kyrtomes* » (ce genre *Concavisporites* lui-même pourrait d'ailleurs n'être que le terme le plus concave du genre *Plicatella* Bolchovitina 1956, genre morphographique créé pour désigner des spores de Gleicheniacées).

Dans le présent travail le genre *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes 1963, est conçu dans un sens large et désigne aussi bien les spores lisses à l'exine épaisse et aux côtés très concaves, que les spores de forme identique mais munies d'une sculpture subgranuleuse à verruqueuse.

Le genre *Deltoïdospora* (Miner 1935) Potonié 1956 a une définition assez large (R. Potonié 1956 p. 13), mais C. Singh (1964, p. 80) considère qu'il doit désigner seulement les spores au contour équatorial deltoïde à subdeltoïde, les côtés étant droits ou légèrement convexes. Ce sens est retenu dans la présente étude systématique sans considération toutefois de l'épaisseur de l'exine (selon C. Singh en effet l'épaisseur de l'exine doit être de 5 µ environ).

Le genre *Sphagnumsporites* Raatz 1937 est ici employé pour désigner des spores lisses de taille petite et de contour triangulaire arrondi ou deltoïde dont l'exine est très épaisse (5 µ environ) et rigide et les laesurae droites.

Le genre *Biretisporites* (Delcourt et Sprumont 1955, Delcourt, Dettmann et Hughes 1963 est employé pour désigner les spores trilètes lisses munies d'un pincement élevé de l'exine formant trois crêtes au sommet desquelles se situent les laesurae.

3. — *Les spores lisses attribuables à des espèces fossiles de Gleicheniacées ou de Cyathéacées* (fig. IV. 3)

Petites, claires, polymorphes, elles sont très répandues dans tout le Mésozoïque saharien. Je me suis référé au travail de N. A. Bolchovitina (1967) concernant la révision et la délimitation des trois genres morphographiques qui les désignent. Ce sont des spores munies de renflements proximaux longeant les leasurae (= torus, = kyrtome) dessinant en coupe optique trois plis arqués (N. A. Bolcho-

Source : MNHN, Paris

vitina 1967, p. 61 et Pl. 1). Dans le Mésozoïque saharien deux genres sont fréquents : a) *Plicifera* Bolchovitina 1966 qui concerne les spores munies de plis arqués et à côtés droits convexes ou concaves mais sans épaississements équatoriaux longeant les côtés ; N. A. Bolchovitina n'établit pas les rapports et différences avec les genres *Concavisporites* Pflug 1953 et *Toroïsporites* Krutzsch ; mais il semble bien que *Plicifera* englobe ces derniers. b) *Gleicheniidites* Ross 1947 concerne les spores montrant des plis arqués et de larges épaississements équatoriaux longeant les côtés mais sans épaississements apicaux comme *Clavifera* Bolchovitina 1966.

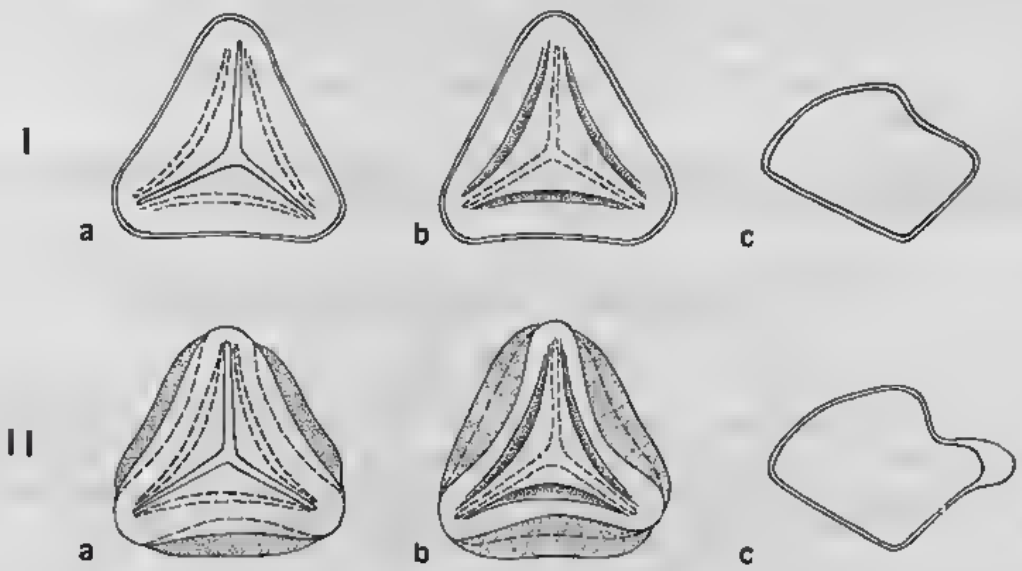


Fig. IV. 3. — Représentation schématique des principaux genres retenus pour classer les spores trilètes de Gleicheniacées. *Plicifera* (vue proximale Ia, vue distale Ib, coupe Ic) ; *Gleicheniidites* (vue proximale IIa, vue distale IIb, coupe IIc). Extrait de N. A. Bolchovitina 1967, Pl. 1.

En fait, toutes ces petites spores sont très polymorphes et il est très difficile d'attribuer chaque forme à un genre précis ; au cours des déformations secondaires (originelles ou dues aux traitements), la marque trilète de certaines de ces formes s'affaise entre les « tori », celle des autres reste en position élevée (voir Pl. 2, fig. 9 et fig. 3). Ce comportement est vraisemblablement dû à la structure de la spore ; les petites spores attribuables aux Gleicheniacées du Mésozoïque saharien ont donc été séparées et comptées en deux groupes selon la disposition de la marque trilète.

B. — Les formes et les espèces.

cf. B LEIOTRILETES MICROADRIENNIS Krutzsch. = *TL 2.*

Pl. 1, fig. 1-2.

W. Krutzsch 1959, p. 61, Taf. 1, fig. 3-7.

Description • Spore trilète lisse sphérique ou triangulaire très arrondie ; laesurae fines et droites (2/3 à 3/4 du grand rayon) ; épaisseur de l'exine : 1,5 μ environ. Taille : 35-50 μ.

Répartition • Holotype : Éocène d'Allemagne ; Sahara : Bathonien à Cénomanien.

Rapports et différences • L'exine est plus épaisse que celle des espèces *Todisporites major* Couper ou *T. minor.* Couper (R. A. Couper 1958, Pl. 16, fig. 6-10).

Source : MNHN, Paris

cf. C. CYATHIDITES MINOR Couper = *TL 31.*
Pl. 1, fig. 3.

R. A. Couper 1953, p. 26, Pl. 2, fig. 13.
R. A. Couper 1958, Pl. 20, fig. 9-10.
C. Singh 1964, Pl. 8, fig. 13.

Description • Spore trilète lisse, triangulaire, aux angles arrondis et aux côtés concaves ; l'exine est assez mince et les laesurae relativement courtes (3/5 du grand rayon). Taille 30 à 45 µ.

Répartition • Europe, Australie : Jurassique-Crétacé inférieur ; Sahara : Lias inférieur (Sinémurien ?) — Albien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes diffèrent de l'holotype par deux caractères : les laesurae sont plus courtes et l'exine légèrement plus épaisse.

cf. PLICIFERA BOLCHOVITINA sp. = *TL 16.*
Pl. 1, fig. 4-6.

Description • Spore triangulaire aux angles assez arrondis et côtés droits ou légèrement convexes ; laesurae longues ; épaisseur de l'exine : 1,5 µ environ ; le long des laesurae, on observe de faibles plis arqués ; vue au microscope à balayage, la spore fermée montre des bourrelets le long des laesurae (fig. 5) ; elle est assez rarement ouverte (fig. 6). Taille : 34-48 µ.

Répartition • Au Sahara : Lias-Albien.

Rapports et différences • J'ai décrit précédemment des formes identiques sous des noms différents (Y. Reyre 1964, Pl. 1, fig. 4 et 1965, Pl. 1, fig. 8). Après la revue des spores attribuées aux Gleicheniacées présentée par Bolchovitina 1967, il convient d'attribuer ces formes au genre *Plicifera.*

LYGODIUMSPORITES sp. 1. = *TL 3.*
Pl. 1, fig. 7-8.

Description • Spore triangulaire très arrondie à l'exine hyaline, assez mince (1,5 µ) et souple ; la spore est assez polymorphe (fig. 8) ; vue au microscope à balayage, l'exine n'est pas rigoureusement lisse, mais rugueuse ; la spore peut être fermée (bourrelet le long des laesurae) ou ouverte (éventuel « divisus »). Taille : 32-58 µ.

Répartition • Très répandue. Sahara : Lias inférieur-Albien.

Rapports et différences • Ces spores sont très difficiles à classer. Elles ressemblent à certaines formes de *Lygodium* (Burm.) Seward figurées par Kedves (1962, Pl. 1).

cf. C. TODISPORITES MINOR Couper = *TL 4.*
Pl. 1, fig. 9.

R. A. Couper 1968, Pl. 16, fig. 9-10.

Description • Spore trilète de contour équatorial arrondi, aux laesurae longues et à l'exine fine. Taille : 28-45 µ.

Source : MNHN, Paris

Répartition • Holotype : Jurassique moyen de Grande-Bretagne ; Sahara : Jurassique supérieur-Albien ; Israël : Valanginien.

Rapports et différences • La spore diffère de l'holotype par le fait que l'exine est parcourue de larges ondulations formant en coupe optique un réseau à maille très large ; cependant l'exine est lisse.

cf. B. LEIOTRILETES LEIODOROGENSIS Krutzsch = *TL 5.*

Pl. 1, fig. 10-11.

W. Krutzsch 1959, Taf. 4, fig. 22.

Description • Spore trilète de contour rond à triangulaire très arrondi ; laesurae droites et plus ou moins longues (3/4 à 4/5 du rayon) ; exine assez épaisse (2 à 2,5 µ), lisse, intrachagrinée ou ponctuée.

Répartition • Holotype décrit dans l'Éocène d'Allemagne ; Sahara : présente du Lias à l'Albien, abondante du Bathonien au Kimméridgien.

Rapports et différences • *Leiotriletes paramaximus* Krutzsch (1959, Taf. 4, fig. 20-21) a une exine plus hyaline et sans structure interne.

cf. C. BIRETISPORITES POTONIAEI (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes = *TL 8.*

Pl. 1, fig. 12, Pl. 2, fig. 1-2.

A. Delcourt et G. Sprumont 1955, p. 40, fig. 10.
J. J. Pocock 1962, Pl. 1, fig. 17.
A. Delcourt, M. Dettmann et N. Hughes 1963, Pl. 42, fig. 12-14 ; P.l 44, fig. 11.

Description • Spores trilètes triangulaires arrondies ou aux côtés droits et aux angles nets ; deux lèvres élevées bordent les laesurae et la fente de déhiscence est située au sommet de ce pincement atteignant le contour équatorial et haut de 3 à 5 µ. Taille : 35 à 45 µ.

Répartition • Jurassique supérieur d'Aquitaine (F. Dupin 1965), Wealdien de France et de Belgique, Mésozoïque supérieur d'Australie ; Sahara : Bathonien-Aptien (rare).

Rapports et diffférences • Les formes sahariennes sont plutôt globulaires que tétraédriques et l'exine paraît constituée de deux couches sur certaines formes. Ce sont là des différences avec les formes habituellement décrites sous ce nom.

cf. C. MATONISPORITES sp. 1 = *TL 11.*

Fig. IV. 4.

Description • Spores arrondies ou triangulaires à côtés convexes, à l'exine épaisse (3,5 µ environ), lisse, massive ou montrant une structure interne radiée ; laesurae droites ou sinueuses et bordées par des épaississements proximaux.

Répartition • Sahara : Jurassique supérieur-Albien.

Rapports et dippérences • Ces spores à l'exine très épaisse sont peut-être également attribuables au genre *Sphagnumsporites* Raatz ; par l'aspect des leasurae, elles présentent toutefois une

Source : MNHN, Paris

parenté avec *Matonisporites equiexinus* Couper mais elles ont été comptées à part en raison de l'exine très épaisse et de leur localisation stratigraphique relativement précise.

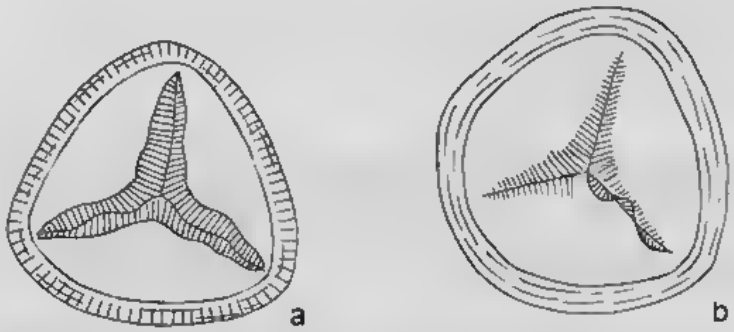


Fig. IV. 4. — *Matonisporites* a. forme triangulaire b. forme arrondie (Tb 11).

cf. GLEICHENIIDITES Ross (= *Clavifera* Bolchovikina) sp. 1 = *TL 28.*
Pl. 1, fig. 3-5.

Description • Spores triangulaires à côtés droits, concaves ou convexes montrant en vue polaire un épaississement équatorial le long de chaque côté et un pli arqué longeant les laesurae. Exine lisse généralement claire. Ces spores sont assez polymorphes mais ont un caractère commun : qu'elle soit fermée ou ouverte, la marque trilète n'est pas enfoncée mais au contraire mise en relief. Cette disposition paraît en effet liée à la constitution même des grains.

Répartition • Dans toutes les régions au Secondaire et au Tertiaire ; Sahara : Trias moyen-Albien.

Rapports et différences • *Gleicheniidites* sp. 1 diffère de *G.* sp. 2 décrite ci-dessous par la disposition en relief de la marque trilète.

cf. B. CONCAVISSIMISPORITES PUNCTATUS (Delcourt et Sprumont) Singh = *TL 36.*
Pl. 2, fig. 6.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, Pl. 1, fig. 8.
C. Singh 1964, Pl. 9, fig. 6-7.
E. Schulz 1967, Taf. I, fig. 1-2 : *Leiotriletes mesozoïcus* (Thiergart) Schulz.

Description • Spores trilètes triangulaires aux angles largement arrondis et aux côtés concaves ; laesurae : 2/3 du grand rayon environ ; exine épaisse de 2 à 2,5 μ, épaissie sur certaines formes au niveau des concavités ; l'exine est lisse ou légèrement rugueuse à sub-granuleuse (voir les formes déjà figurées : Y. Reyre, 1964, Pl. 1, fig. 9-9 bis). Taille : 45-65 μ.

Répartition • Holotype : Wealdien de France et de Belgique ; Berriasien-Aptien au Canada ; Sahara : partie supérieure du Bathonien-Aptien.

Rapports et dipférences • Les formes sahariennes sont morphologiquement très proches de celle figurée par Delcourt et Sprumont 1955 et par Schulz 1967, mais cette dernière a une taille plus importante (70-80 μ). Les formes figurées par Singh 1964 ont l'exine plus fine et nettement plus granuleuse. Le genre *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes 1963 est d'après la diagnose, réservé aux spores à l'exine subgranuleuse à verruqueuse. En fait dans notre matériel existent des spores identiques sous tous les points mais dont certaines sont parfaitement lisses, d'autres sub-granuleuses. Il s'agit du cas limite d'un genre de forme.

Source : MNHN, Paris

AZONOTRILETES lisse 1 = *TL 42.*
Pl. 2, fig. 7.

DESCRIPTION • Spore trilète, tétraédrique, dissymétrique, formant en vue polaire un triangle isocèle à deux côtés allongés et un côté à peu près deux fois plus court ; les laesurae atteignent presque l'équateur : deux sont courtes, une est très longue ; des plis plus ou moins radiaux parcourent l'exine épaisse de 2 μ environ. Taille : 20-30 μ de large et 30-40 μ de long.

RÉPARTITION • Sahara : quelques formes au Lias (retombées ?), quelques-unes à l'Aptien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Non rencontrée dans la bibliographie.

cf. B. STENOZONOTRILETES APTIENSIS DEAK = *TL 51.*
Pl. 2, fig. 8.

M. Deak 1964.

DESCRIPTION • Spore trilète lisse de contour équatorial triangulaire aux coins assez arrondis et aux côtés droits ; au niveau de l'équateur l'exine est très épaisse, 5-6 μ ; laesurae fines, droites et longues. Taille : 28-32 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Aptien de Hongrie ; Albien d'Andalousie ; Sahara : Albien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Il s'agit d'une espèce à classer vraisemblablement dans le genre *Sphagnumsporites* Raatz ; une nouvelle combinaison ne pourrait être proposée qu'après l'observation de l'holotype.

cf. GLEICHENIIDITES Ross (= *Clavifera* Bolchovitina) sp. 2 = *TL 25.*
Pl. 2, fig. 9-12.

DESCRIPTION • Spores trilètes lisses triangulaires aux côtés concaves ou droits montrant en vue polaire des épaississements équatoriaux et des plis arqués longeant les laesurae ; la marque trilète ouverte ou fermée est au creux d'une dépression située entre les plis arqués en coupe optique ; l'extrémité des laesurae forme souvent un anneau ou « disken ». Cette espèce collective comprend vraisemblablement des formes attribuables à plusieurs espèces botaniques (Y. Reyre 1964, Pl. 1, fig. 7 et 8) ; d'ailleurs la taille varie de 20 à 50 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Trias gréseux-Barrémien. Toutes les formes désignées *Paraconcavisporites* Klaus sp. par H. Biard (1963) ont été comptées avec la forme TL 25.

cf. A. CALAMOSPORA MESOZOICA COUPER = *TL 1.*
Fig. IV. 5 et Pl. 3, fig. 7.

R. A. Couper 1958, Pl. 15, fig. 3-4.

DESCRIPTION • Spore sphérique plissée à très plissée ; exine très fine (moins de 1 μ) lisse, claire ; laesurae courtes (2/5 du rayon). Taille : 28-40 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Jurassique inférieur et moyen de Grande-Bretagne ; Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) à Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'extrême finesse de l'exine et les laesurae courtes différencient cette spore des autres trilètes lisses globulaires (*Todisporites minor* Couper par exemple).

FIG. IV. 5. — *Calamospora mesozoica* Couper (Tl 1).

cf. B. MATONISPORITES EQUIEXINUS COUPER = *TL 10.*
Pl. 2, fig. 13-14.

R. A. Couper 1958, Pl. 20, fig. 13-14.

DESCRIPTION • Spores trilètes lisses arrondies ou triangulaires arrondies aux côtés parfois concaves (fig. 14) ; exine épaisse de 2-3 μ ; laesurae droites et longues bordées par une « margo ». Taille : 38-50 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Jurassique et Crétacé de Grande-Bretagne ; Sahara : Lias (post-Sinémurien ?) — Crétacé inférieur (anté-Barrémien).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'holotype montre des laesurae sinueuses mais ce caractère n'est pas indiqué dans la diagnose. La forme précédemment figurée (Y. Reyre 1964, Pl. 1, fig. 6) montre un bombement très net le long des laesurae courtes (Pl. 4, fig. 9-10) : vue au microscope électronique l'exine apparaît franchement rugueuse ; ces formes ne sont pas attribuables à l'espèce *M. equiexinus* mais elles ont été comptées dans le même groupe ; elles sont d'ailleurs peu nombreuses.

cf. C. DICTYOPHYLLIDITES HARRISII COUPER = *TL 13.*
Pl. 3, fig. 1.

R. A. Couper 1958, Pl. 21, fig. 5-6.

DESCRIPTION • Spore trilète assez globuleuse de contour triangulaire arrondi ; laesurae bordées par un bombement (3/5 du grand rayon) ; exine fine (1 μ) et lisse des plis irréguliers et fins. Taille : 32-34 μ.

RÉPARTITION • Jurassique de Grande-Bretagne ; Sahara : partie supérieure du Bathonien-Crétacé inférieur (rare).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les laesurae de l'holotype sont plus longues et l'exine ne porte pas de plis irréguliers.

cf. SPHAGNUMSPORITES RAATZ sp. 1 = *TL 14.*
Pl. 3, fig. 2.

DESCRIPTION • Spores trilètes lisses triangulaires arrondies à l'exine très épaisse et opaque ; en vue polaire on aperçoit la marque trilète proximale et une pseudo-marque trilète distale décalée

Source : MNHN, Paris

de 60° par rapport à la première ; laesurae parfois terminées par un « pseudodivisus ». Taille : 30-36 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien et Jurassique supérieur (rare).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Plusieurs formes analogues ont précédemment été publiées sous le nom de *Rouseisporites* Pocock (Y. Reyre 1965, Pl. 1, fig. 5, 5 bis, 5 ter). Ce genre concerne en fait des spores zonées ou à périspore. L'attribution au genre *Sphagnumsporites* ne se justifie cependant que par la forte épaisseur de l'exine.

cf. C. LEVIGATISPORITES NEDDENI (Potonié) PFLUG = *TL 17.*

Pl. 3, fig. 3-4.

H. Pflug 1953.
R. A. Couper 1958, Pl. 20, fig. 7 : spore de *Coniopteris tatungensis* Sze.
Y. Reyre 1964, Pl. 1, fig. 5 : *Cyathidites minor* Couper.

DESCRIPTION • Spores trilètes lisses d'allure deltoïde mais toujours déformées de sorte que le contour est irrégulier ; exine de 1 à 1,5 µ, souple et claire ; laesurae fines et longues. Taille : 28-35 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Tertiaire d'Allemagne ; Sahara : partie supérieure du Lias à Kimméridgien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ces spores ressemblent à celles de *Coniopteris tatungensis* Sze figurée par R. A. Couper 1958 ; d'ailleurs une forme identique a été attribuée à *Cyathidites minor* Couper (Y. Reyre 1964) : le genre Cyathidites a précisément été créé par Couper pour grouper les spores dispersées voisines de celles de certaines Coniopteris.

DELTOÏDOSPORA (Miner) Potonié sp. 1 = *TL 20.*

Pl. 3, fig. 5-6.

DESCRIPTION • Spores trilètes lisses triangulaires aux côtés droits ; exine limpide, épaisse de 1 à 2 µ ; originellement pyramidale, le grain a de longues laesurae séparant la partie proximale en trois triangles indépendants qui se recouvrent en partie. Taille : 35-45 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) — Oxfordien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Non rencontrées dans la bibliographie.

cf. B. DICTYOPHYLLIIDITES PECTINAEFORMIS (Bolchovitina) DETTMANN = *TL 34.*

DESCRIPTION ET FIGURATION • Voir Y. Reyre 1966, p. 4, Pl. 1, fig. 2.

RÉPARTITION • Cénomanien-Turonien de l'Oural ; Sahara : Niveau B (Sinémurien ?), Crétacé inférieur, exceptionnelle au Crétacé moyen.

cf. C. DELTOÏDOSPORA JUNCTUM (Kara-Murza) SINGH = *TL 35.*

Pl. 3, fig. 8-9.

Kara Murza-Bolchovitina 1956, Pl. 3, fig. 25a-e.
F. Goczan 1956, Taf. 6, fig. 1-6 : *Concavisporites montis-brassicas* Thiergart.

Source : MNHN, Paris

S. I. Saad 1963, Pl. 33, fig. 21 : *Concavisporites* type E.
C. Singh 1964, Pl. 9, fig. 16.

DESCRIPTION • Spores triangulaires aux angles arrondis ou en forme d'ogive et aux côtés concaves ; laesurae longues ; exine assez mince (1,5 µ) et lisse ; un épaississement distal perpendiculaire à la direction des laesurae dessine un arc qui barre chaque coin de la spore (voir C. Singh 1964, p. 81, fig. 8). Taille : 30-45 µ.

RÉPARTITION • Jurassique et Crétacé inférieur d'Europe, d'Australie et du Canada ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Certaines spores sahariennes entreraient en fait dans le genre *Cyathidites* Couper, alors que d'autres possédant des coins en ogive sont mieux placées dans le genre *Deltoïdospora* Miner ; les formes décrites par Goczan, Balme et Saad seraient attribuables au genre *Cyathidites*. L'attribution générique reste cependant délicate : dans une précédente publication (Y. Reyre 1965) ces spores étaient classées dans le genre *Crassulina* Malavkina ex Potonié 1956, mais l'espèce-type de ce genre est de très grande taille.

cf. CONCAVISPORITES ANTVEILLERIENSIS THOMSON et PFLUG = *TL 48.*
Pl. 3, fig. 10.

P. Thomson et H. Pflug 1953, Taf. 1, fig. 43.

DESCRIPTION • Spores trilètes triangulaires aux angles très arrondis et aux côtés fortement concaves ; exine lisse de 1,5 µ parfaitement lisse ; laesurae de longueur assez variable (1/2 à 4/5 du grand rayon) et parfois en forme de flèche dentelée dont la pointe serait dirigée vers l'apex. Taille : 30-35 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Lias moyen (?)-Kimméridgien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'espèce *Cardioangulina crassiparietalis* Döring 1965 a une exine chagrinée et une grande taille qui la distinguent d'*antweilleriensis*. Cette dernière est pourtant assez mal placée dans le genre *Concavisporites* Pflug puisqu'elle n'a pas de « tori » caractéristiques ; malgré son exine très lisse, elle serait, pour sa forme, mieux placée dans le genre *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes.

DELTOÏDOSPORA (Miner) POTONIÉ sp. 2 = *TL 18.*
Pl. 3, fig. 11.

DESCRIPTION • Spore d'allure deltoïde, déformée par décompression ; laesurae longues et droites ; exine d'épaisseur variable sur un même grain : 3 µ à l'équateur, 1,5 µ au pôle distal. Taille : 40-50 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Callovo-Oxfordien. Kimméridgien (rare).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'exine est nettement plus épaisse que celle de la forme attribuée ci-dessus à *Levigatisporites neddeni* (Potonié) Pflug.

AZONOTRILETES lisse 2 = *TL 47.*
Pl. 3, fig. 12.

DESCRIPTION • Spore trilète lisse de forme triplane ; laesurae longues ; exine fine, intra-microreticulée. Taille : 30 µ.

RÉPARTITION • Un seul spécimen dans le Lias.

Source : MNHN, Paris

CYATHIDITES Couper sp. 1 = *TL 32.*
Pl. 3, fig. 7 et 13.

Description • Spores trilètes triangulaires arrondies aux côtés faiblement concaves ; laesurae longues et droites ; exine fine (1 μ) à très fine, se plissant aisément, extérieurement lisse mais intraponctuée dans certaines formes. Taille : 30-35 μ.

Répartition • Sahara : Lias-Dogger inférieur.

Rapports et différences • Il s'agit d'une espèce collective assez disparate.

C. — Spores trilètes lisses rares.

Azonotriletes lisse 3 = *TL 40.*
Pl. 4, fig. 1.

Description • Spores trilètes de contour équatorial triangulaire, aux angles très arrondis, aux côtés concaves ; exine hyaline et très épaisse (3 μ) ; laesurae bordées d'un bombement. Taille : 42 μ.

Répartition • Sahara : Crétacé inférieur.

Azonotriletes lisse 4 = *TL 6.*
Pl. 4, fig. 2.

Description • Spores sphériques ; laesurae droites et de longueur moyenne ; exine lisse, nettement plus épaisse dans la partie distale (3 μ) que proximale (2 μ). Taille : 42 μ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

cf. A. MATONISPORITES PHLEBOPTEROÏDES Couper = *TL 46.*
Pl. 4, fig. 3.

Description • Voir Y. Reyre 1965, p. 258.

Répartition • Holotype : Jurassique-Crétacé inférieur de Grande-Bretagne ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Azonotriletes lisse 5 = *TL 56.*
Pl. 4, fig. 4-5.

Description • Spores trilètes de contour équatorial triangulaire aux angles très arrondis et côtés nettement concaves ; laesurae droites (3/5 du grand rayon) ; exine fine (1 μ), lisse, claire, formant aux angles des bosses qui ne correspondent pas à une sculpture mais résultent d'une ondulation de la paroi toute entière. Taille : 40-50 μ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

Source : MNHN, Paris

cf. C. DELTOÏDOSPORA HALLII Miner = *TL 57.*
Pl. 4, fig. 6.

Miner 1945, Taf. 24, fig. 7.

Description • Spore trilète de contour équatorial nettement deltoïde, aux côtés droits : laesurae droites et longues ; exine épaisse de 1,5 à 2 μ et rigide ; pas de « torus » ou de pli arqué. Taille 33 μ.

Répartition • Crétacé du Montana (U.S.A.) ; Sahara : Bathonien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes ont une exine assez épaisse et rigide comparativement à l'holotype.

DIVISISPORITES (Thomson) Potonié sp. 1 = *TL 26.*
Pl. 4, fig. 7.

Description • Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux angles très arrondis et côtés droits ou concaves ; exine très fine et lisse ; laesurae terminées par un divisus très net atteignant le contour équatorial. Taille : 25 μ.

Répartition • Sahara : Aptien

Rapports et différences • L'espèce tertiaire *D. eukrschenoïdes* Thomson et Pflug (1953, Pl. 1, fig. 6) est assez ressemblante mais elle a des côtés très convexes et un divisus n'atteignant pas le contour équatorial.

TRIQUITRITES (Wilson et Coe), Potonié et Kremp 1954 sp. 1 = *TL 53.*
Pl. 4, fig. 8.

Description • Spore trilète, tétraédrique, dont le contour équatorial est triangulaire aux côtés concaves ; à chaque angle, des coussinets moins opaques prolongent le corps de la spore ; laesurae longues et sinueuses, atteignant les coussinets. Taille : 35 μ.

Répartition • Il s'agit probablement d'une forme carbonifère remaniée ; elle est en effet très carbonisée et opaque ; quelques spécimens trouvés dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien attestent les remaniements des terrains primaires à cette époque.

III. — LES SPORES TRILÈTES LISSES À PÉRISPORE = TLP

A. — Les genres.

Le genre *Perotrilites* (Erdtmann) Couper 1953 est ici employé pour désigner des spores trilètes rondes ou triangulaires plus ou moins arrondies dont le corps est lisse ou ornementé (en fait seules les lisses ont été rencontrées dans le Mésozoïque saharien) et entouré totalement d'une périspore fine, souvent translucide, plus ou moins pliée ou chiffonnée.

Le genre *Densoïsporites* Weyland et Krieger 1953 désigne des spores trilètes globulaires entourées d'une périspore adhérente intérieurement stratifiée ou irrégulièrement plissée d'une façon concentrique.

Source : MNHN, Paris

Le genre *Lygodiidites* Pocock 1964 désigne, d'après la diagnose, des spores trilètes aux côtés concaves et angles arrondis dont l'exine consisterait en deux couches. Il ne s'agit donc pas de spores à périspore au sens strict. Selon Pocock, la partie externe (sexine) enveloppe lâchement la nexine et se trouve affectée d'un plissement froncé.

Dans le présent travail ce genre a été étendu aux formes présentant tous ces caractères, à l'exception des côtés concaves. Notons que dans l'esprit de Pocock, il s'agirait d'un genre de signification botanique (en anglais « organ genus ») : ceci est discutable.

Le genre *Thomsonisporites* Leschik 1955 a été ici employé pour désigner des spores triasiques ou infraliasiques, claires, aux laesurae mal visibles, à l'exine fine et lisse, entourée d'une périspore fine, lisse et plissée, et en général petites.

B. — Les formes et les espèces.

PEROTRILITES PERINOPUSTULOSUS Reyre = *TLP 10.*

Pl. 5, fig. 1-3.

Y. Reyre 1966, p. 5, Pl. I, fig. 12, 14, 14bis.

Description • Spore trilète globulaire de contour équatorial circulaire ou triangulaire très arrondi ; laesurae droites et longues (3/4 du rayon ou plus) ; exine du corps central lisse et d'épaisseur variable ; une périspore fine, transparente, parfaitement lisse vue au microscope à balayage (fig. 1) entoure complètement le corps central en adhérant à celui-ci par des lignes sinueuses délimitant des sortes d'ampoules irrégulières dont la taille varie de 5 à 15 µ. Selon la taille et l'épaisseur de l'exine, on distingue deux types sans formes intermédiaires :

— type A (Pl. 5, fig. 2) : corps central : 30-45 µ.
diamètre total : 45-60 µ.
exine du corps central : 1,5 µ.

— type B (Pl. 5, fig. 3) : corps central : 25-35 µ.
diamètre total : 40-50 µ.
exine du corps central : 3 à 3,5 µ.

Ces deux types ont été recensés séparément sur plusieurs centaines de spécimens ; leur extension stratigraphique s'est révélée identique ; ils ont alors été comptés dans un même groupe.

Répartition • Sahara : très abondante du Barrémien au Cénomanien, la présence dans le Jurassique supérieur-Néocomien n'est pas certaine ; Sénégal et Côte d'Ivoire : Albien-Cénomanien.

Rapports et différences • Voir Y. Reyre 1966, p. 6.

cf. C. DENSOÏSPORITES VELATUS Weyland et Krieger = *TLP 14.*

Pl. 5, fig. 4.

H. Weyland et W. Krieger 1953, Taf. 4, fig. 12-13.

Description • Spore trilète globulaire à l'exine épaisse (3,5 µ) et entourée d'une périspore translucide adhérente au corps central et paraissant stratifiée, plus ou moins arrachée sur la plupart des spécimens d'ailleurs. Taille : 45-65 µ.

Répartition • Holotype : Crétacé supérieur d'Allemagne ; Crétacé supérieur d'Australie ; Néocomien des U.S.A. ; Sahara : Barrémien-Albien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes ont une taille nettement plus forte que celle de l'holotype et une exine plus épaisse.

2 564 039 6

8 Source : MNHN, Paris

PEROTRILITES Couper sp. 1 = *TLP 9.*
Pl. 5, fig. 5.

Description • Spore trilète aux laesurae mal visibles mais fines et longues, d'exine épaisse (2,5-3 μ) et entourée totalement par une périspore translucide adhérente au corps de spore, et formant des froncements épais qui dessinent des lignes irrégulières, plus ou moins sinueuses. Taille : 55-75 μ.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Bathonien-Néocomien.

Rapports et différences • Ces spores sont différentes de celle du genre *Lygodiidites* Pocock car il ne s'agit pas d'une couche externe de l'exine (sexine) froncée mais bien d'une périspore nettement plus lâche. Cette périspore a une allure chaotique et ne délimite jamais d'ampoules comme celle de *P. perinopustulosus*. Cette forme se différencie de celle ci-dessus conférée à l'espèce *Densoisporites velatus* Weyland et Krieger par le fait que la périspore n'est pas stratifiée mais froncée rappelant celle de l'espèce *Perotrilites pseudoreticulatus* Couper 1953, mais beaucoup plus irrégulier ; en outre le corps est sphérique et épais.

cf. C. PEROTRILITES HYALOÏDES Döring = *TLP 15.*
Pl. 5, fig. 6.

M. Döring 1966, Taf. 5, fig. 4-6.

Description • Spore trilète hyaline montrant un corps central à paroi très fine (0,5 μ environ) entourée d'une perine également hyaline et fine ; en coupe optique ces deux parois dessinent dans le plan équatorial un anneau de 7-8 μ environ ; corps central faiblement micro-granulé : laesurae longues atteignant l'équateur du corps central. Taille : 45-55 μ.

Répartition • Holotype : Wealdien d'Allemagne du Nord ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien à Albien (rare).

Rapports et différences • La même forme a précédemment été attribuée à l'espèce *Densoïsporites perinatus* Couper 1958 (Y. Reyre 1966, Pl. I, fig. 10) ; elle correspond bien mieux à l'espèce *P. hyaloïdes* plus récemment décrite bien que l'holotype ait une taille nettement plus forte (77.-93 μ).

cf. B. PEROTRILITES GRANULATUS Couper = *TLP 7.*
Pl. 5, fig. 7 ; Pl. 6, fig. 1.

R. A. Couper 1953, Pl. 3, fig. 28-29.
Drugg 1967, Pl. 7, fig. 12-13 : *Applanopsis dettmannae* Drugg.
Tralau 1968, Pl. 16, fig. 1 : *Tsugaepollenites dettmannae* (Drugg) Tralau.

Description • Spore trilète à périspore ; corps globulaire de contour équatorial rond à triangulaire arrondi, dont l'exine a une épaisseur allant de 1,5 à 3 μ et une sculpture microgranuleuse : laesurae dépassant les 3/4 du rayon ; périspore hyaline, fine et microgranuleuse, plus ou moins pliée et plissée, attachée étroitement ou même absente dans la partie proximale et relâchée dans les parties équatoriales et distale où elle peut faire, en coupe optique un anneau atteignant 12 μ. Taille : corps central 35 à 60 μ, périspore 50-75 μ.

Répartition • Holotype : Jurassique de Nouvelle-Zélande ; Suède : Jurassique moyen ; Sahara : Bathonien-Kimméridgien (très rare dans la partie inférieure du Jurassique supérieur-Néocomien).

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Cette forme a été précédemment attribuée à tort au genre *Aculeisporites* Artuz (Y. Reyre 1965, Pl. 2, fig. 19). Les formes sahariennes sont apparemment identiques à celle figurée par Tralau 1968 et désignée *Tsugaepollenites dettmannae* mais il s'agit en réalité d'une spore qui ne saurait être rangée dans le genre pollinique *Tsugaepollenites* ; pour cette raison, elles ont été attribuées à *P. granulatus* bien que l'holotype de cette espèce soit nettement triangulaire.

cf. B. DENSOÏSPORITES MICRORUGULATUS BRENNER in BURGER 1966 = *TLP 8.*

Pl. 6, fig. 2.

D. Burger 1966, Pl. 22, fig. 1-2.

S. Archangelsky et J. C. Gamero 1967, Pl. 1, fig. C : *Densoïsporites velatus* (Weyland et Krieger) Krasnova.

DESCRIPTION • Spore trilète globuleuse de contour équatorial arrondi ; exine fine (0,5-1 µ) assez translucide : laesurae = 3/4 du rayon ; le grain est entouré d'une périspore hyaline adhérente au corps et abondamment microplissoté de sorte qu'on aperçoit de nombreuses petites rugules radiales sur la face proximale en particulier. Taille : 40-55 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Crétacé inférieur du Maryland (U.S.A.) ; Waeldien de Hollande ; Hauterivien d'Israël ; Sahara : Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Il s'agit d'une espèce voisine de *D. perinatus* Couper 1958 ; les formes sahariennes sont très proches de celles figurées par Burger 1966 mais la taille est inférieure.

cf. A. LYGODIIDITES BALMEI POCOCK = *TLP 18.*

Pl. 6, fig. 3-5.

S. J. Pocock 1962, Pl. 5, fig. 3-4.

DESCRIPTION • Spore trilète triangulaire très arrondie en vue polaire ; il ne s'agit pas véritablement d'une spore à périspore mais on observe un corps central constitué par la partie interne de l'exine entouré lâchement par la partie externe de l'exine qui forme dans la région équatoriale un anneau de 4 à 6 µ de large ; cette partie externe est plus ou moins plissotée et a un pincement trifide au niveau des laesurae qui se prolongent presque sur l'anneau nettement visible en microscopie électronique (fig. 5). Taille : 42-58 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Albien moyen du Canada ; Sahara : Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont voisines de l'holotype.

cf. C. PEROTRILITES PERINATUS HUGHES et PLAYFORD = *TLP 3.*

Pl. 6, fig. 6-7.

N. F. Hughes et G. Playford 1961, Pl. 2, fig. 7-10.

DESCRIPTION • Spores trilètes au contour équatorial triangulaire aux angles arrondis et côtés légèrement convexes, droits ou légèrement concaves ; une périspore fine et hyaline, largement plissée et souvent arrachée partiellement (fig. 6) adhère sur tout le corps de la spore ; laesurae droites et longues (3/4 du rayon ou plus) ; exine de 1,5 à 2 µ lisse et sombre. Taille : 28-45 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont d'une taille plus petite que celle indiquée par Hughes et Playford ; toutes ne sont peut-être pas attribuables à cette espèce.

Source : MNHN, Paris

THOMSONISPORITES Leschik sp. 1 = *TLP 0.*
Pl. 6, fig. 8-10.

Description • Spore globuleuse à l'exine très fine et aux laesurae peu ou non discernables, entourée d'une périspore très fine, hyaline et plissée (fig. 9). Taille : 32-40 µ (largeur de la zone : 6-8 µ). Dans la même espèce, sont rangées des formes un peu différentes (fig. 8 et 10) très claires plus petites, aux laesurae visibles et dont la périspore est nettement moins plissée.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Trias salifère (post-carnien à Infralias ?) — Niveau B Sinémurien ?).

Rapports et différences • *T. toralis* Leschik (1955, Taf. 4, fig. 19) correspondrait aux formes sahariennes Pl. 6, fig. 8 et 10, mais il n'y a pas de marque trilète visible et on y remarque la présence de plis en circonvolutions de la périspore. Le genre *Tenuisporites* Biard 1963 concerne précisément des spores triasiques fines à périspore mais, d'après la diagnose, il s'agirait de grandes formes (au-dessus de 65 µ) ; *Tenuisporites fragilis* Biard (Pl. 7, fig. 14) diffère de la forme saharienne représentée Pl. 6, fig. 9, par le fait qu'elle est nettement plus grande et moins plissée.

c — Répartitions stratigraphique.

		TLP	SPORES	TRIL. A PERSP LISSES					LISSES							
NBRE INDIVIDUS		1365	NBRE ESPECES	13												
CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	10	9	14	15	3	8	18	1	7	13	24	*	0
18	SENONINIEN	10	2	100												
16	TURONIEN															
14	CENOMANIEN	33	11	100												
13	ALBO VRACONIEN	21	7	100												
12	ALBIEN	74	361	97			1									
11	APTIEN (SUP)	61	194	96			1	1								
10	BARREMIEN(APTO)	18	65	96			3									
9A	TAOURATINE INF.															
9	JUR.SUP. -NEOC.	1	35	80	11	2			2	2						
8	CAL-KIM(PORTL)	2	4					25		25	25	25				
7A	CAL-KIM(PORTL)	3	126				1	22			3	30	1	40		
7	CAL-KIM		1									100				
6	BATHONIEN 2		19		21			63				15				
5A	BATHONIEN															
5	BATHONIEN 1	1	11					72				9	9		9	
4J	LIAS-DOGGER															
4F																
4E																
4D		2	1										100			
4I																
4C		1	10					80				10	10			
3A	LIAS-DOG.OCCD.															
4B			1									100				
4A																
3	NIVEAU B	1	7													100
2	SAL.PAL. A2-B		9													100

Tableau IV. 1. — Répartition stratigraphique quantitative des spores trilètes lisses à périspore. Source : MNHN, Paris

Le tableau IV.1 indique la répartition stratigraphique quantitative des espèces du groupe. On peut y voir que ce dernier permet de diviser le Jurassique-Crétacé du Sahara en six grands intervalles stratigraphiques. Les plus faciles à caractériser qualitativement sont le Lias inférieur (zone à *Thomsonisporites* sp 1 = TLP 0), le Callovien à Néocomien, période où le groupe atteint sa plus grande diversité, le Barrémien-Albien enfin où l'énorme abondance de *Perotrilites perinopustulosus* = TLP 10 est le fait palynologique majeur. En résumé, malgré le nombre restreint d'espèces, le groupe des trilètes lisses à périspore est d'un indéniable intérêt stratigraphique.

IV. — SPORES TRILÈTES LISSES À CINGULUM = TLZ

A. — Les genres.

Le genre *Cingulatisporites* (Thomson *in* Thomson et Pflug 1953) Potonié 1956, désigne des spores lisses ou ornementées, triangulaires aux coins arrondis et munies, en vue polaire, d'un cingulum dont la largeur est égale au maximum à 1/5 du diamètre de la spore.

B. — Les formes et les espèces.

cf. C. CINGULATISPORITES CAVUS Delcourt et Sprumont = *TLZ 3.*

Fig. IV. 6.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, p. 38, fig. 8.

Description • Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux côtés légèrement convexes et coins arrondis ; laesurae longues ; cingulum de 4 μ de large ; dans la partie centrale on observe une microréticulation interne ou des microfovéoles. Taille : 28 μ.

Répartition • Holotype : Wealdien de Belgique ; Sahara : Aptien (rare).

Rapports et différences • L'holotype a des côtés concaves et une taille très nettement supérieure.

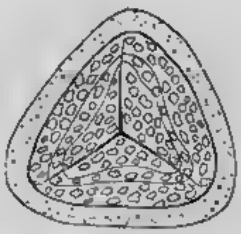


Fig. IV. 6. — cf. C. *Cingulatisporites cavus* Delcourt et Sprumont (TLZ 3).

cf. A. CINGULATISPORITES LEVISPECIOSUS Pflug = *TLZ 1.*

Pl. 4, fig. 12.

P. Thomson et H. Pflug 1953, Taf. 1, fig. 16.

Description • Spore trilète lisse de contour équatorial triangulaire aux coins arrondis et munie d'un cingulum régulier de 3 μ de large ; laesurae droites et fines (3/4 à 4/5 du grand rayon). Taille : 30 μ environ.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION • Holotype : Crétacé supérieur. Tertiaire d'Allemagne ; Sahara : Bathonien-Néocomien (rare).

cf. B. TRILITES ANNULATA COOKSON = *TLZ 2.*
Pl. 23, fig. 6.

I. Cookson 1947, Pl. 15, fig. 53-55.

DESCRIPTION • Spore arrondie en vue polaire ; anneau équatorial plus ou moins régulier de 4-5 μ de large et formé d'exine massive ; laesurae atteignant l'anneau équatorial ; luminae larges entre les leasurae et l'anneau. Taille : 32-44 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Tertiaire des Kerguelen ; Sahara : partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien à Crétacé inférieur.

V. — LES SPORES TRILÈTES VERRUQUEUSES NON ZONÉES = TV

A. — LES GENRES.

Dans ce groupe codifié *TV* ont été rangées les spores trilètes munies d'une sculpture en verrues, tubérosités, papilles ou bourgeons ; l'attribution d'une forme à un genre précis est souvent très difficile car les diagnoses génériques font intervenir en priorité, tantôt la forme générale de la spore, tantôt une caractéristique sculpturale particulière.

Nous avons vu ci-dessus la définition de deux genres concernant des spores sculptées mais pouvant désigner également des spores lisses : *Lygodiumsporites* (Potonié, Thomson et Thiergart 1950) Singh 1964 (sculpture lisse à subgranuleuse) et *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont 1955) Delcourt, Dettmann et Hughes 1963 ; ce dernier groupe des spores de contour équatorial triangulaire aux côtés concaves à presque droits et de sculpture subgranuleuse à verruqueuse.

Le genre *Verreticulisporis* Krutzsch 1959 a été employé pour désigner des spores trilètes arrondies ou triangulaires munies de verrues très basses et de contour plus ou moins régulier dessinant en coupe optique un reticulum négatif.

Le genre *Rotverrusporites* Döring 1964 groupe les spores trilètes arrondies ou triangulaires convexes partout recouvertes de verrues hémisphériques se touchant à la base et formant une ornementation très dense. La validité de ce genre est discutable ; Döring cite en effet comme espèce-type *R. obscurilaesuratus* (Pocock) Döring (= *Verrucosisporites obscurilaesuratus* Pocock 1962) ; or, cette espèce a précisément des verrues irrégulières, tronquées et aplaties et des laesurae peu visibles. Ce genre a été cependant retenu pour son usage pratique.

Le genre *Leptolepidites* Couper 1953 a une définition très large que Potonié (1956, p. 27) restreint en la déformant légèrement d'ailleurs ; d'après Potonié le genre se caractérise par l'absence de verrues totalement irrégulières et la présence de verrues de même taille, grandes, à peu près circulaires ; cette acception est adoptée pour le présent travail en y ajoutant que les verrues peuvent être espacées ou en tout cas nettement séparées.

Le genre *Verrucosisporites* (Ibrahim 1933) Potonié et Kremp 1954 concerne les spores trilètes densément couvertes de verrues plus ou moins larges et irrégulières, de contour équatorial circulaire à sub-circulaire. Singh (1964, p. 95) précise que les verrues ont en général une base large et sont souvent arquées.

Le genre *Tuberositriletes* Döring 1964 concerne, d'après la diagnose, les spores trilètes triangulaires aux coins arrondis et côtés concaves à convexes, couvertes sur toute la surface de granules de verrues ou de tubérosités. Dans le présent travail seules ont été classées dans ce genre les formes munies

de tubérosités, c'est-à-dire d'éléments irréguliers et tourmentés en forme de pustules plus ou moins élevées mais dont la largeur de base ne dépasse pas 4 µ.

Le genre *Varirugosisporites* Döring 1965 concerne également des spores trilètes triangulaires aux côtés concaves à convexes munies de tubérosités mais celles-ci sont de très grande taille (plus de 5 µ de largeur basale), contiguës, irrégulières et diversement hautes, toujours bien plus larges que hautes. Notons là encore que la validité du genre peut être mise en cause : l'espèce-type *V. perverrucatus* (Couper) Döring 1965 (= *Lygodioisporites perverrucatus* Couper 1958) a en fait des verrues assez hémisphériques.

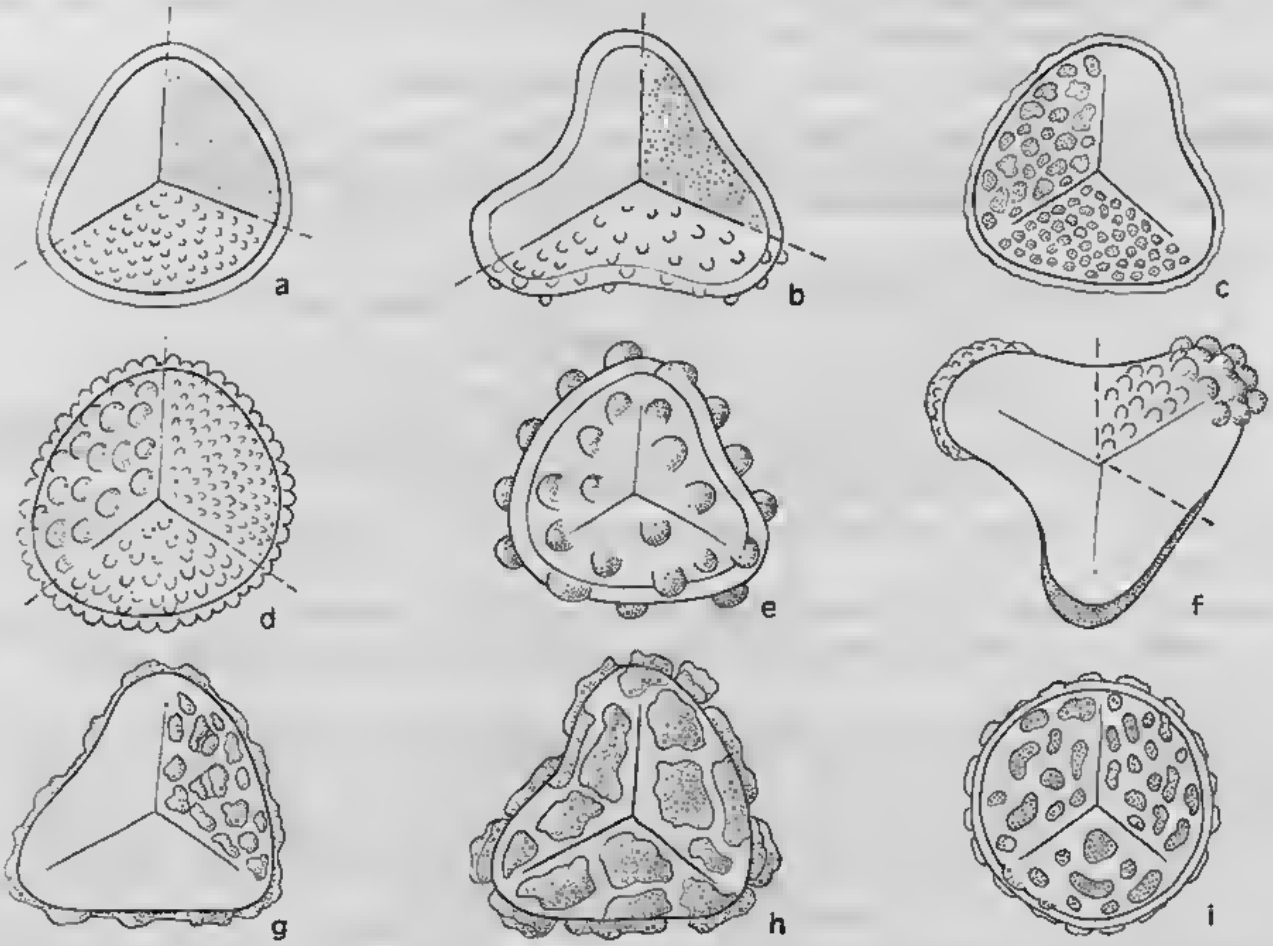


Fig. IV. 7. — Représentation schématique des principaux genres retenus pour le classement des spores trilètes verruqueuses. a *Lygodiumsporites* ; b *Concavissimisporites* ; c *Verreticulisporis* ; d *Rotverrusporites* ; e *Leptolepidites* ; f *Trilobosporites* ; g *Tuberositriletes* ; h *Varirugosisporites* ; i *Verrucosisporités*.

Le genre *Trilobosporites* Pant 1954 ex Potonié 1956 désigne ici des spores trilètes triangulaires à côtés concaves (droits parfois) dont l'exine lisse ou verruqueuse est très épaissie ou très ornementée aux coins où on observe un coussinet massif ou constitué de verrues (Potonié 1956, Taf. 7, fig. 68).

Le genre *Trilites* Cookson 1947 ex Couper 1953 a une très large définition : spores trilètes sans périspore définie, à la sculpture variable et dont la taille est inférieure à 200 µ. Dans ce travail, ont été classées dans le genre *Trilites* toutes les spores verruqueuses impossibles à classer dans d'autres genres plus précis : spores munies de verrues de taille variable, hémisphériques ou non, de bosses, d'éléments plus ou moins coniques mais non pointus.

Source : MNHN, Paris

B. — Les formes et les espèces.

cf. C. TODISPORITES GRANULATUS Tralau = *TV 7.*
Pl. 7, fig. 1.

Tralau 1968, Pl. 7, fig. 1.

Description • Spore trilète originellement sphérique, secondairement pliée et déformée ; exine fine et limpide bosselée (bosses affectant la totalité de l'exine) apparaissant micro-ponctuée au microscope à balayage. Taille : 50 à 60 µ.

Répartition • Holotype : Jurassique moyen de Suède ; Sahara : cinq spécimens dans l'Albien.

Rapports et différences • Tralau n'indique pas dans la diagnose que l'exine est bosselée mais ce caractère apparaît sur la figuration. Notons aussi que le genre *Todisporites* Couper 1958 concerne des spores globuleuses à exine fine mais lisse et non bosselée.

VERRUCOSISPORITES (Ibrahim) Potonié et Kremp sp. 1 = *TV 38.*
Pl. 7, fig. 2.

Description • Spore trilète globuleuse ; laesurae droites et longues (plus des 3/4 du rayon) ; exine rigide et sombre couverte sur toute la surface de verrues plus ou moins arquées ; largeur basale des verrues : 3 à 6 µ, hauteur : 2 µ environ. Taille : 45 µ.

Répartition • Sahara : un spécimen dans la partie supérieure du Lias, un à l'Abien (remaniement possible).

Rapports et différences • Pocock 1962 attribue une forme semblable à *Trilobosporites bernissartensis* (Delcourt et Sprumont) Potonié 1956 ; cette attribution paraît erronée.

cf. A. TRILOBOSPORITES TRIORETICULOSUS Cookson et Dettmann = *TV* 79.
Pl. 7, fig. 3.

I. Cookson et M. Dettmann 1958, Pl. 17, fig. 1-3.
C. Singh 1964, Pl. 9, fig. 1-2.
S. Archangelsky et J. C. Gamero, Pl. 1, fig. A.

Description • Spore trilète triangulaire aux côtés faiblement concaves ; laesurae assez courtes (inférieur aux 2/3 du grand rayon) et bordée d'une lèvre épaisse ; exine lisse, épaisse de 2 µ ; aux coins des épaississements de coupe transversale semi-circulaire et anastomosés forment une sorte de reticulum grossier. Taille : 52 µ.

Répartition • Holotype : Barrémien-Albien d'Argentine ; Sahara : Néocomien-Albien.

Rapports et différences • Par le pseudo-reticulum, cette espèce se différencie nettement de toutes les formes qui ont été groupées ci-dessous sous le nom de *Trilobosporites apiverrucatus* Couper.

VERRETICULISPORIS Krutzsch sp. 1 = *TL 4.*
Pl. 7, fig. 4.

Description • Spore trilète triangulaire aux coins arrondis et côtés concaves ; laesurae droites et longues (4/5 du grand rayon) ; surface de l'exine gaufrée (faiblement ondulée) dessinant en

Source : MNHN, Paris

coupe optique un reticulum négatif de maille 1 μ environ ; épaisseur de l'exine 2,5 μ. Taille : 45-55 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur - Néocomien à Aptien.

Verreticulisporis eoverrucosus Krutzsch (1959, Taf. 24, fig. 265-267) est ronde mais de sculpture très voisine.

cf. B. VERRETICULISPORIS GIGANTEUS DANZÉ et LAVEINE = *TV 67.*

Pl. 7, fig. 5.

J. Danzé et J. P. Laveine 1963.

DESCRIPTION • Spore trilète ronde ; laesurae nettes et égales aux 2/3 du rayon ; exine épaisse de 3 μ et faiblement gaufrée, dont la surface forme en coupe optique un reticulum négatif de maille 2 à 2,5 μ. Taille : 80 μ environ.

REPARTITION • Holotype : limite Lias-Dogger du Nord de la France ; Sahara : partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien à Aptien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'holotype a une exine plus épaisse et une taille plus grande (90-110 μ).

Verreticulisporis eoverrucosus Krutzsch 1959 a une exine plus épaisse et une taille plus faible (50 μ).

Trilites morleyi Couper 1953, Pl. 3, fig. 22 a la même taille mais la figuration montre un contour finement crénelé.

ROTVERRUSPORITES DÖRING sp. 1 = *TV 0.*

Pl. 7, 6g. 6-7.

DESCRIPTION • Spore trilète de contour équatorial triangulaire très arrondi ; laesurae droites et nettes (1/2 du rayon) au sommet d'un pincement en relief de l'exine ; exine fine couverte de très petites verrues plus ou moins sphériques, uniformément réparties et très serrées ; dimension des verrues : 1,5 μ de diamètre, 1 μ de haut ; parfois deux verrues sont reliées entre elles par une sorte de pont. Taille : 55-75 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien-Kimméridgien (20 exemplaires).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Diffère de *Rotverrusporites tenuis* Döring 1964 par la taille extrêmement faible des verrues. *Maculatisporites microverruvatus* Döring 1964, est de forme concave mais aurait une sculpture très voisine ; en fait, le genre *Maculatisporites* Döring 1964 est morphographiquement peu caractérisé ; une combinaison nouvelle de l'espèce *microverrucatus* dans le genre *Rotverrusporites* aurait été proposée si ce dernier n'avait pas été également créé par Döring : cet auteur a peut-être conçu l'espèce *microverrucatus* en excluant les formes globulaires.

cf. C. VERRETICULISPORIS EOVERRUCOSUS KRUTZSCH = *TV 1.*

Pl. 4, 6g. 11.

W. Krutzsch 1959, Taf. 24, fig. 265-267.

DESCRIPTION • Spore trilète triangulaire très arrondie ; laesurae = 3/4 du rayon ; exine épaisse de 4 μ et bosselée de telle manière qu'en coupe optique se dessine un reticulum négatif de maille = 2 μ. Taille : 60 μ.

Source : MNHN, Paris

Répartition • Holotype : Tertiaire d'Allemagne ; Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) — Crétacé inférieur.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont très voisines de l'holotype.

TRILITES Cookson ex Couper sp. 1 = *TV 2.*
Pl. 8, fig. 1-3.

Description • Spores trilètes arrondies ou triangulaires-arrondies de petite taille ; exine épaisse de 1 à 2 µ et uniformément recouverte de verrues plus ou moins plates, tantôt bien individualisées (fig. 3), tantôt formant en coupe optique de très petits créneaux (fig. 1). Taille : 20-30 µ.

Répartition • Sahara : Lias-Dogger inférieur (rares au Néocomien : remaniements ?).

Rapports et différences • Il s'agit vraisemblablement de plusieurs espèces (forme collective).

ROTVERRUSPORITES Döring sp. 2 = *TV 10.*
Pl. 8, fig. 4 et fig. IV. 7.

Description • Spore trilète sphérique ; laesurae droites et très longues ; exine épaisse (3 µ) et sombre ; couverte de verrues petites (1,5 µ) et très denses ; en coupe optique, l'exine semble être faite de l'accolement de ces verrues sur deux ou trois niveaux (fig. 35). Taille 42-55 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Nécomien.

Rapports et différences • Diffère de *Rotverrusporites* sp. 1 par la forme très ronde et l'épaisseur forte de l'exine ; *R. tenuis* Döring 1964 a des verrues plus larges et une exine nettement plus fine ; la répartition stratigraphique au Sahara est identique à celle des formes attribuées à l'espèce *tenuis* mais pour des raisons morphologiques il a paru nécessaire de considérer qu'il s'agit de deux espèces différentes.

cf. A. ROTVERRUSPORITES TENUIS Döring = *TV 11.*
Pl. 8, fig. 5-8 ; Pl. 14, fig. 1-2.

H. Döring 1964, Taf. 4, fig. 10.

Description • Spore trilète triangulaire très arrondie ; laesurae droites et moyennement longues à larges (2/3 à 4/5 du rayon) : parfois terminées par un divisus ; en microscopie électronique on observe que les laesurae se situent au sommet d'un pincement de la partie basale de l'exine, pincement mince et en relief ; exine fine et couverte de verrues plus ou moins hémisphériques et très serrées, de 1,5 à 2 µ de large et 1 µ de haut ; la microscopie électronique montre que ces verrues peuvent être polygonales ou allongées ; certaines formes sont déformées et montrent des côtés concaves (fig. 8). Taille : 42-55 µ.

Répartition • Holotype : Wealdien d'Allemagne du Nord ; Sahara : Bathonien-Néocomien.

Rapports et différences • Diffère de l'espèce *Concavissimisporites potoniei* Pocock 1964 par la taille générale nettement plus faible, la dimension des verrues également plus faible.

Source : MNHN, Paris

cf. A. CONCAVISSIMISPORITES VARIVERRUCATUS (Couper) Singh = *TV 15.*
Pl. 9, fig. 1-3.

R. A. Couper 1958, Pl. 22, fig. 4.
C. Singh 1964, Pl. 9, fig. 9-11.

Description • Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux coins arrondis et aux côtés concaves ; laesurae : 2/3 du grand rayon ; exine épaisse de 3 μ environ, couverte de verrues irrégulières et serrées ; dimension des verrues : 1,5 à 2,5 μ de large, 1 μ de haut. Taille : 45-58 μ.

Répartition • Holotype : Bajocien-Wealdien de Grande-Bretagne ; Crétacé inférieur du Canada ; Sahara : Bathonien à Néocomien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes se rapprochent plus de celles figurées par Singh que de l'holotype qui a une exine plus épaisse et des verrues plus nettes ; une des formes sahariennes (fig. 1) rappelle *Maculatisporites microverrucatus* Döring 1964.

cf. C. TRILITES VERRUCATUS Couper = *TV 16.*
Pl. 9, fig. 4-5.

R. A. Couper 1953, Pl. 3, fig. 26 : *non* fig. 27.
C. Singh 1964, Pl. 8, fig. 3 : *Lygodioisporites sp.*

Description • Spore trilète triangulaire aux coins très arrondis et côtés allant de convexe à concave ; laesurae longues ; exine épaisse relativement à la taille de la spore (1,5-3 μ) et couverte de verrues assez basses et irrégulières ; dimension des verrues : 1 à 4 μ de large et 1 à 3 μ de haut selon les grains et selon les endroits de la spore ; en effet, les verrues sont plus grandes au niveau de la zone équatoriale que le long des laesurae (voir Y. Reyre 1964, Pl. 2, fig. 12, 12 bis) ou à la partie distale (fig. 5). Taille : 32-60 μ.

Répartition • Holotype : Jurassique-Crétacé de la Nouvelle-Zélande ; Crétacé inférieur du Canada ; Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur (Bajocien ?) Jurassique supérieur.

Rapports et différences • La figuration originale de R. A. Couper montre également des verrues plus petites vers le pôle proximal, mais la forme générale est ronde et non triangulaire concave ; parmi les spécimens sahariens rangés dans cette espèce, on peut distinguer une petite forme (fig. 4) et une grande (fig. 5), toutes deux assez différentes de l'holotype. La forme de Couper 1953 Pl. 3, fig. 27 est à ranger dans le genre *Verrucosisporites* (Ibr.) Potonié et Kremp en raison des verrues arquées.

cf. A. LEPTOLEPIDITES VERRUCATUS Couper = *TV 18.*
Pl. 9, fig. 6-7.

R. A. Couper 1953, Pl. 2, fig. 14-15.

Description • Spore trilète triangulaire plus ou moins arrondie à l'exine très épaisse et munie de verrues bien arrondies, également réparties ; dimension des verrues : 6-7 μ de large, 5 μ de haut. Taille : 50-50 μ.

Répartition • Holotype : Jurassique de Nouvelle-Zélande ; Sahara : Bathonien - Jurassique supérieur.

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • La forme ronde des verrues distingue cette espèce de *Lygodioisporites perverrucatus* Couper 1958 (Pl. 9, fig. 38).

cf. C. CONCAVISSIMISPORITES VERRUCOSUS (Delcourt et Sprumont) A. DELCOURT, M. DETTMANN et N. F. HUGHES = *TV 20.*

Pl. 9, fig. 8-9 ; Pl. 10, fig. 1-3.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, Pl. 2, fig. 1a.
A. Delcourt, M. Dettmann et N. F. Hughes 1963, Pl. 42, fig. 5.
D. Burger 1966, Pl. 20, fig. 1.

DESCRIPTION • Spore trilète triangulaire aux coins très arrondis et côtés concaves ; laesurae droites et longues (2/3 à 4/5 du grand rayon) ; exine épaisse de 3 μ environ, couverte uniformément de verrues hémisphériques ou légèrement tubéreuses se touchant à la base et formant une sculpture dense ; dimension des verrues : 2-3 μ de large, 2-3 μ de haut. Taille : 55-75 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Valanginien de Hollande ; Valanginien d'U.R.S.S. ; Sahara : Bathonien - partie inférieure du Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'espèce est prise ici dans un sens très large afin de grouper toutes les grandes spores triangulaires concaves fortement verruqueuses ; aucune forme saharienne n'atteint toutefois ni la taille ni la concavité de l'holotype.

TUBEROSITRILETES TUBERCULIFORMIS (Cookson) n. comb. = *TV 25.*

Pl. 10, fig. 4-5.

I. Cookson 1947, Pl. 16, fig. 61-62.
N. A. Bolchovitina 1953, Pl. 3, fig. 11 : *Dicksonia densa* = *Lophotriletes densus.*
M. Dettmann 1963, Pl. 27, fig. 4-5 : *Trilites tuberculiformis* Cookson.

DESCRIPTION • Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux coins arrondis et côtés de légèrement concaves à légèrement convexes ; laesurae assez courte (3/5 du rayon environ) bordée d'un pincement de l'exine visible en microscopie électronique ; l'épaisseur de l'exine (avec la sculpture) atteint 5 μ ; exine couverte de tubérosités ; sur certaines formes dans la partie proximale les tubérosités sont plus petites ; dimension des tubérosités 3-7 μ de large, 2-3 de haut. Taille : 52-65 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Tertiaire des Kerguelen ; Crétacé inférieur - milieu de l'Albien des régions centrales de l'U.R.S.S. ; Sahara : Bathonien-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont proches de l'holotype par la taille, la forme et la densité des tubérosités ; *Trilites tuberculiformis* Cookson *in* Dettmann 1963, Pl. 27, fig. 4-5, semble différent à la fois de l'holotype et des formes sahariennes par la présence d'éléments sinueux longs de 10 μ sur la partie proximale.

cf. C. TRILITES KOPUKUENSIS COUPER = *TV 28.*

Pl. 10, fig. 6.

R. A. Couper 1960, Pl. 3, fig. 1-2.

DESCRIPTION • Spore trilète arrondie ; laesurae mal visibles, courtes (1/2 du rayon) ; épaisseur de l'exine sans la sculpture : 3 μ environ ; exine couverte uniformément de verrues serrées, de 2

Source : MNHN, Paris

à 4 μ de haut ; les verrues élevées dépassant les autres donnent à la surface de l'exine un aspect caractéristique. Taille : 75-90 μ.

Répartition • Holotype : Tertiaire de Nouvelle-Zélande ; Sahara : Bathonien - partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont de taille plus modeste que l'holotype qui atteint 138 μ. Diffère de *Verrucosisporites remyanus* Mädler 1964, Pl. 1, fig. 5-6, dont la forme générale et la taille sont comparables mais dont les verrues sont plates, plus larges et plus ou moins polygonales.

cf. TRILOBOSPORITES APIVERRUCATUS Couper = *TV 33.*

Pl. 11, fig. 2-6.

R. A. Couper 1958, Pl. 21, fig. 11-13.
H. Döring 1965, Taf. 13, fig. 3-4.
D. Burger 1966, Pl. 18, fig. 1-2.
C. Singh 1964, Pl. 8, fig. 16.

Description • Spores trilètes triangulaires aux coins très arrondis et aux côtés concaves ; laesurae : 2/3 à 4/5 du grand rayon, droites et parfois bordées d'une margo ; exine (sans la sculpture) épaisse de 2 à 5 μ selon les formes ; sculpture : verrues arrondies nettement plus grosses et plus serrées aux coins où elles peuvent s'accoler pour former un coussinet ; dimension des verrues variable selon les formes et les endroits des grains : de 3 à 7 μ de largeur basale, de 1,5 à 4 μ de hauteur. Taille : 60-85 μ.

Répartition • Holotype : Waeldien d'Angleterre ; Hollande : partie supérieure du Malm à Valanginien ; Sahara : Kimméridgien (?)-Néocomien.

Rapports et différences • Les cinq formes sahariennes figurées montrent en fait des différences morphologiques notables mais toutes peuvent être attribuées à *T. apiverrucatus*, y compris la forme de la fig. 6 qui se rapproche de *Trilobosporites canadensis* Pocock ; elles sont rares mais présentes dès la partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien, alors qu'en Europe elles caractérisent le Crétacé inférieur.

TRILOBOZONOSPORITES Pant ex Potonié sp. 1 = *TV 36.*

Pl. 11, fig. 7.

Description • Spore trilète triangulaire aux coins très arrondis et côtés concaves ; l'exine est épaissie au creux des concavités (4 μ) et également aux coins (3 μ) pour former un coussinet assez massif ; laesurae longues et droites ; verrues très rondes et lâchement disséminées sur la partie proximale mais rares sur les coins ; dimension des verrues : 1 à 1,5 μ. Taille : 80 μ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

Rapports et différences • L'épaississement des coins n'est pas très prononcé mais le très fort épaississement équatorial de l'exine est nettement visible.

cf. C. LYGODIOISPORITES VERRUCOSUS Deak = *TV 29.*

Pl. 11, fig. 1.

M. Deak 1962, Pl. 3, fig. 11-12.

Description • Spore d'allure sphérique ; laesurae non visibles ; exine épaisse (2,5 μ) sombre, munies de verrues bien arrondies de taille variable mais grosses : dimensions des verrues : 4 à 8 μ de largeur basale, 2 à 5 μ de haut. Taille : 35 μ environ.

Source : MNHN, Paris

Répartition • Holotype : Aptien de Hongrie ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

Rapports et dippérences • Les formes sahariennes sont nettement plus petites que l'holotype ; elles diffèrent de *Leptolepidites rotundus* Tralau 1968, Pl. 2, fig. 1, trouvée dans le Dogger de Suède, par la taille plus grande de cette dernière et le fait que les verrues sont bien plus larges, que hautes.

Azonotriletes verruqueuse 1 = *TV 34.*

Pl. 12, fig. 1.

Description • Spore trilète ronde ; exine épaisse de 2 µ et munie de verrues hautes éparses et également réparties sur la surface du grain ; dimension des verrues : 1,5 µ de large, 2 µ de haut. Taille : 42-48 µ.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur (Bajocien ?) — Bathonien.

Rapports et différences • Ces formes diffèrent de *Trilites ohaiensis* Couper 1953, Pl. 3, fig. 23 par la forme et la densité des éléments de sculpture ; elles pourraient être classées dans le genre *Cycloverrutriletes* Schulz 1967 mais ce genre est triasique.

VERRUCOSISPORITES (Ibrahim) Potonié et Kremp sp. 1 = *TV 37.*

Pl. 12, fig. 2.

R. A. Couper 1953, Pl. 3, fig. 27 (*non* fig. 26) = *Trilites verrucatus* Couper.

Description • Spore trilète ronde ; laesurae fines et longues ; exine couverte de verrues allongées ou arquées de 2 µ de largeur et moins de 1 µ de haut, également réparties sur toute la surface. Taille : 25-30 µ.

Répartition • Sahara : Jurassique supérieur-Néocomien (rare).

Rapports et différences • *Verrucosisporites rotundis* Singh 1964, Pl. 13, fig. 3 est plus grande (45 µ) et possède des verrues rondes.

cf. C. TUBEROSITRILETES MAJOR Döring = *TV 51.*

Pl. 12, fig. 3-4.

H. Döring 1964, Taf. 5, fig. 12.

Description • Spores trilètes triangulaires aux angles arrondis à presque tronqués ; laesurae longues mais non rectilignes ; exine épaisse de 1 à 1,5 µ entre les tubérosités ; tubérosités serrées mais non jointives (fig. 4) au moins aussi hautes que larges (2 à 4 µ) et plus grosses aux coins. Taille : 65-70 µ.

Répartition • Holotype : Wealdien d'Allemagne ; Sahara : Callovien-Néocomien.

Rapports et dippérences • Les formes sahariennes ne possèdent pas d'épaississements de l'exine longeant les laesurae comme l'holotype ; elles se distinguent des formes attribuées à *Tuberositriletes tuberculiformis* par la hauteur et la densité des tubérosités nettement plus fortes.

Source : MNHN, Paris

TUBEROSITRILETES Döring sp. 1 = *TV 61.*
Fig. IV. 8.

Description • Spore trilète triangulaire aux angles arrondis et côtés concaves ; laesurae droites et longues (4/5 du grand rayon) ; exine constituée de petites tubérosités accolées également réparties sur toute la surface et donnant un aspect crênelé au contour ; dimension des tubérosités : 2 μ de large et 2 μ de haut. Taille : 56 μ.

Répartition • Sahara : quelques spécimens dans le Jurassique supérieur-Néocomien.

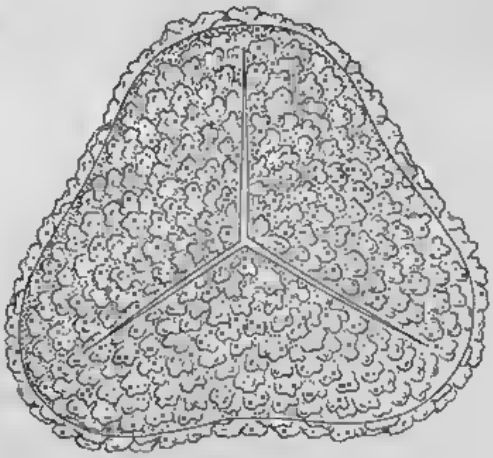


Fig. IV. 8. — *Tuberositriletes* Döring *sp.* 1 (TV 61).

cf. B. RUGULATISPORITES QUINTUS Thomson et Pflug = *TV 71.*
Pl. 13, fig. 1.

Thomson et Pflug 1953, Taf. 2, fig. 45-47.
Krutzsch 1959, Taf. 27, fig. 288-289 = *Verrucosisporites quintus.*

Description • Spore trilète ronde : laesurae inférieures aux 2/3 du rayon ; exine assez mince : 1 à 1,5 μ et gaufrée ou bosselée de sorte qu'en coupe optique on voit tantôt de petites rugules de 2 à 4 μ, tantôt un reticulum irrégulier. Taille : 50 μ.

Répartition • Holotype : Tertiaire d'Allemagne ; Sahara : Jurassique supérieur-Néocomien (rare).

TUBEROSITRILETES Döring sp. 2 = *TV 74.*
Pl. 13, fig. 3.

Description • Spore trilète ronde ; laesurae peu visibles ; exine sombre, épaisse de 1,5 μ entre les tubérosités ; tubérosités presque jointives de 3-5 μ de large sur 2-3 μ de haut. Taille : 55 μ.

Répartition • Sahara : Jurassique supérieur - Crétacé inférieur.

cf. NEORAISTRICKIA Potonié 1 = *TV 54.*
Pl. 13, fig. 4, 5 ; Pl. 16, fig. 1-3.

Description • Spores trilètes triangulaires arrondies (laesurae = 2/3 à 3/4 du grand rayon difficilement visibles en microscopie photonique) ; exine très sombre, d'épaisseur difficilement mesu-

Source : MNHN, Paris

rable en raison de la densité de la sculpture ; sculpture dense formée de bacules tronqués au sommet plus ou moins massifs et tourmentés ; dans ce groupe, on distingue trois formes différentes :

— Pl. 13, fig. 4-5 : bacules 6-8 μ de haut, 3-4 μ de large, nettement espacés ; taille : 60 μ environ.

— Pl. 16, fig. 2-3 : bacules 4 μ de haut, 1-2 μ de large, très serrés ; taille : 56 μ environ.

— Pl. 16, fig. 1 : bacules élargis à la base (cônes tronqués), 2,5 μ de haut, 1,5 μ de largeur basale, serrés ; taille : 35 μ environ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Ces formes n'ont pas été attribuées au genre *Baculatisporites* Thomson et Pflug car les bacules ne sont pas droits et cylindriques, mais tourmentés et bourgeonnants. La seule espèce du genre, *Neoraistrickia neozelandica* (Couper) Potonié 1956, a une sculpture plus épaisse et plus hétéromorphe (baculae, clavae).

CONCAVISSIMISPORITES MUTABILIS (Döring) n. comb. = *TV 6.*
Pl. 14, fig. 3.

H. Döring 1965, Pl. 14, fig. 5-6 = *Varirugosisporites mutabilis.*

Description • Spore trilète triangulaire aux angles ronds et côtés légèrement concaves ; laesurae longues (3/4 à 4/5 du grand rayon) ; exine épaisse de 2 à 2,5 μ et couverte de verrues très plates, de section ronde ou elliptique, nettement séparées et donnant au contour équatorial un aspect faiblement ondulé ; dimension des verrues : 3-5 μ de large, 0,6 μ de haut. Taille : 60-66 μ.

Répartition • Holotype : Wealdien A d'Allemagne du Nord ; Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur - Bathonien

Rapports et différences • Döring a classé l'espèce *mutabilis* dans le genre *Varirugosisporites* dont il est l'auteur ; pourtant par le contour général et la nature de la sculpture cette espèce doit être classée dans le genre *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes 1953 ; la définition de *Varirugosisporites* est peut-être exagérément large et il est souhaitable de la réduire aux formes munies de tubérosités de grande taille, variables et rugueuses (comme le suggère le nom), plus ou moins en forme de larges protubérances. *Tuberosisporites montuosus* Döring 1964 a des verrues plus élevées ; *Concavisporites punctatus* Delcourt et Sprumont 1955, Pl. 1, fig. 8 a sur la figuration une exine lisse ; *Concavissimisporites punctatus* (Delcourt et Sprumont) Singh 1964 a une ornementation sub-granuleuse ; ces trois espèces sont donc nettement distinguables de l'espèce *mutabilis.*

LYGODIUMSPORITES (Potonié, Thomson et Thiergart) Singh sp. 1 = *TV 8.*
Pl. 14, fig. 4-7.

Description • Spore globuleuse de contour équatorial triangulaire arrondi, côtés convexes, parfois concaves par déformation ; laesurae : 3/4 du rayon, droites, simples fentes, ou située le long d'un pincement de l'exine (fig. 6, 7) ; exine épaisse de 1,5 μ à 2 μ, couverte de bosses irrégulières mais de même taille donnant un aspect ondulé à l'exine (fig. 7) ; dimension des bosses : 2 μ de large, 1 μ de haut (au moins). Taille : 42-55 μ.

Répartition • Sabara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur (Bajocien ?) à partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • *Lygodiumsporites* Singh sp. B (Singh 1964, Pl. 8, fig. 5) a une taille nettement plus grande et l'exine plus épaisse ; *Verreticulisporis eoverrucosus* Krutzsch 1959,

Source : MNHN, Paris

Taf. 24, fig. 265-267, est assez voisine mais l'exine est plus épaisse et moins ornée ; d'autre part, en coupe optique, on n'observe pas de reticulum négatif net sur les formes sahariennes.

VERRUCOSISPORITES (Ibr.) Potonié et Kremp sp. 2 = *TV 13.*

Pl. 15, fig. 1-3.

Description • Spores trilètes rondes ou très arrondies ; laesurae moyennement longues (2/3 à 3/4 du rayon) sans « divisus » observé ; exine constituée de verrues accolées dont l'épaisseur totale est de 3-4 µ ; verrues de section plus ou moins irrégulière et polygonale, plus petites dans la partie proximale ; selon la dimension des verrues et la taille, on distingue deux formes :
— grande forme (fig. 1-2) : verrues : 2-3 µ de large, 1-1,5 µ de haut ; taille : 65-70 µ.
— petite forme (fig. 3) : verrues : 3-4 µ de large ; 2-2,5 µ de haut ; taille : 52-60 µ.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur - Kimméridgien.

Rapports et dippérences • *Verrucosisporites contactus* Clarke 1965, Pl. 1, fig. 8, est très voisine mais l'auteur indique la présence d'un « divisus » et une taille moyenne plus forte ; en outre, il s'agit d'une espèce du Keuper d'Angleterre. *Verrucosisporites remyanus* Mädler 1964, Pl. 1, fig. 5-6, est morphologiquement proche de la forme saharienne fig. 3 mais de taille plus grande. Enfin, Pocock 1964 décrit une espèce *Concavissimisporites potoniei* dont la sculpture et la taille sont très semblables, mais l'auteur insiste sur le fait qu'on observe une sexine et une exine, difficiles à voir sur les formes sahariennes.

cf. B. LYGODIOISPORITES PERVERRUCATUS Couper = *TV 31.*

Pl. 15, fig. 4.

R. A. Couper 1958, Pl. 23, fig. 4-5 et Pl. 19, fig. 1: *Lygodium articulatum.*

Description • Spore trilète triangulaire très arrondie ; laesurae n'atteignant pas les 2/3 du rayon et bordée d'un pincement de l'exine ; exine très épaisse, constituée par l'accolement de verrues parfaitement hémisphériques de taille plus petite au pôle proximal que sur le contour équatorial ou aux coins ; dimension des verrues : 2-7 µ de large, 2-6 µ de haut. Taille : 80 µ environ.

Répartition • Holotype : Jurassique moyen d'Angleterre ; Sahara : Bathonien à Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • L'holotype est plus rond, avec des laesurae plus longues et bordées d'une rangée de grosses verrues ; les formes sahariennes se rapprochent beaucoup de la spore de *Lydogium articulatum* A. Rich *in* Couper 1958 qui montre également des verrues plus petites dans la partie proximale.

TRILITES Cookson ex Couper 2 = *TV 46.*

Pl. 15, fig. 5.

Description • Spore trilète triangulaire aux angles arrondis et côtés droits ; laesurae longues (3/4 à 4/5 du rayon) et légèrement sinueuses bordées d'une zone à exine épaissie sans sculpture ; exine épaisse constituée d'éléments sinueux et anastomosés et reliés entre eux dont l'épaisseur est de 3-4 µ environ. Taille : 90 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien à partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et dippérences • *Trilites asolidus* Krutzsch 1959, Taf. 27, fig. 290-293 et *Trilites paravallatus* Krutzsch, Taf. 27, fig. 298, sont très ressemblantes mais de taille nettement inférieure.

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

cf. LYCOPODIACIDITES Couper 1 = *TV 50.*
Pl. 13, 6g. 6-7 ; Pl. 16, 6g. 4-6.

Description • Spores de contour équatorial triangulaire plus ou moins arrondi ; laesurae longues, au sommet d'un plissement de l'exine, mal visibles en microscopie photonique en raison de l'exubérante ornementation ; exine sombre couverte de protubérances tourmentées et élevées en forme de bourgeons allongés (Pl. 16, 6g. 5), très serrées ; dimension des bourgeons : 2-2,5 µ de large environ, 3-4 µ de haut ; de plus en plus courts en direction du pôle proximal. Taille : 45-65 µ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • *L. baculatus* Pocock 1962, est différente par la sculpture plus grêle en forme de bacules effilés.

TRILITES Cookson ex Couper sp. 34 = *TV 53.*
Pl. 12, fig. 5-6.

Description • Spore trilète triangulaire très arrondie ; laesurae mal visibles (2/3 du rayon) ; exine très épaisse, densément couverte d'éléments en forme de cornes tubéreuses plus ou moins évasées vers le bas et au sommet arrondi (fig. 6) ; dimension des cornes : 3 µ de largeur basale, 2,5 µ de haut. Taille : 45-50 µ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • *Trilites ohaiensis* Couper 1953, Pl. 3, fig. 23, est deux fois plus grande de même que *Sporopollenites rostratus* Thiergart 1949 *in* Potonié 1956, Taf. 8, fig. 83.

cf. A. VERRUCOSISPORITES sp. Singh 1964 = *TV 9.*
Pl. 12, fig. 7.

C. Singh 1964, Pl. 13, fig. 4.

Description • Spore trilète arrondie au contour ondulé par l'ornementation ; laesurae longues difficilement visibles ; exine couverte de verrues plates et coupe arrondie mais de contour basal variable et plus ou moins polygonal ; dimension des verrues : 3-7 µ de largeur basale, 1-1,5 µ de haut. Taille : 42-50 µ.

Répartition • Albien du Canada ; Sahara : Lias-Dogger inférieur (rare).

cf. B. DENNSTAEDTIA CONCAVA Bolchovitina = *TV 47.*
Pl. 12, fig. 10.

Cette forme est à attribuer au genre *Concavissimisporites* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes 1963.
Sahara : Crétacé inférieur.

VARIRUGOSISPORITES Döring sp. 1 = *TV 44.*
Pl. 12, 6g. 8.

Description • Spore triangulaire aux côtés concaves ; exine très épaisse avec de grandes tubérosités rugueuses, aplaties, contiguës et irrégulières ; dimension des tubérosités : 10-20 µ de large, 8-10 µ de haut. Taille : 65 µ.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur-Crétacé inférieur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Trilobosporites bernissartensis* Burger 1966, Pl. 17, fig. 1 a un aspect voisin mais montre trois lobes bien accusés.

cf. B. UVAESPORITES ARGENTAEFORMIS (Bolchovitina) SCHULZ = *TV 30.*

Pl. 12, fig. 11.

E. Schulz 1967, Taf. 2, fig. 1-3.
Tralau 1968, Pl. 4, fig. 1-2, non Pl. 3, fig. 4.

DESCRIPTION • Petite spore ronde. La partie proximale est relativement fine et souvent déprimée. La marque trilète atteint presque l'équateur. La partie proximale très épaisse est munie de verrues larges et arrondies arrivant jusqu'à l'équateur (4 à 8 μ). Taille : 30-35 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur (très rare).

VARIRUGOSISPORITES DÖRING sp. 2 = *TV 40.*

Pl. 12, fig. 9.

DESCRIPTION • Spore trilète globuleuse ; épaisseur de l'exine entre les tubérosités : 1-1,5 μ ; tubérosités rugueuses larges et basses, plus ou moins espacées ; dimension des tubérosités : 4-6 μ de large, 1,5 μ de haut. Taille : 55 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

TRILITES COOKSON ex COUPER sp. 4.

Fig. IV. 9.

DESCRIPTION • Spore triangulaire aux angles arrondis et côtés convexes ; laesurae courtes (1/2 du grand rayon) ; épaisseur de l'exine non mesurable en raison de la densité de sculpture ; spore couverte de protubérances en forme de bourgeons élargis vers le sommet et eux-mêmes munis de petits tubercules ; dimension des bourgeons ; partie distale et équatoriale : 7-11 μ de large et 7 μ de haut ; partie proximale : les bourgeons deviennent de plus en plus petits pour atteindre 2 μ de large au bord des laesurae.

RÉPARTITION • Deux exemplaires dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

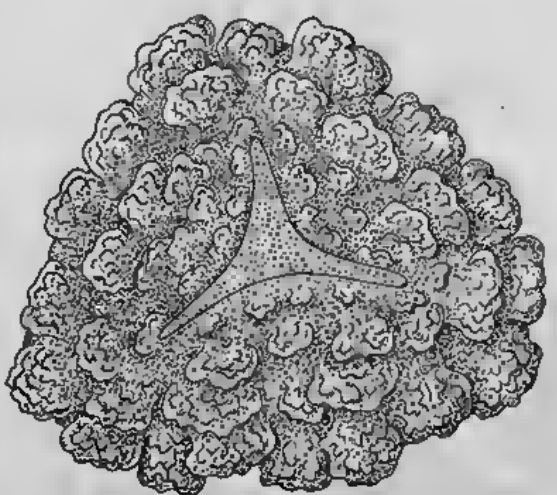


FIG. IV. 9. — *Trilites* COOKSON *sp. 4.*

Source : MNHN, Paris

TV SPORES TRILETES ORNEMENTEES VERRUQUEUSES

NBRE INDIVIDUS 784 NBRE ESPECES 41

CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	7	38	68	79	4	67	0	1	2	10	11	15	16	18	20	22	25	28	29
18	SENONINIEN																					
16	TURONIEN																					
14	CENOMANIEN																					
13	ALBO VRACONIEN																					
12	ALBIEN		6	16	33	33	16															
11	APTIEN (SUP)		1					100														
10	BARREMIEN(APTO)		2					50	50													
9A	TAOURATINE INF.																					
9	JUR.SUP. -NEOC.	3	122			2	1	5	1			1		4	8	3	4	18	3	5		
8	CAL-KIM(PORTL)	7	12						8		16					16	8	25		8		
7A	CAL-KIM(PORTL)	9	312			1			1	S		1	3	6	4	9	S	7		3	1	2
7	CAL-KIM	1	2											50								
6	BATHONIEN 2	9	192			2				2	1		2	8	4	5	7	13		3	2	
5A	BATHONIEN																					
5	BATHONIEN 1	8	85			1				1	1		S	12	1	17	7	7		5	2	
4J	LIAS-DOGGER																					
4F																						
4E		1	10						10			10		20		10						
4D		10	4								25					25						
41																						
4C		2	16								18	6								25	12	
3A	LIAS-DOG.DCCD.																					
4B		1	4								25	25										
4A		3	8					62			37											
3	NIVEAU 8		4									25		50								
2	SAL.PAL. A2-8		4								50										25	
1K	SAL.PAL.INFR-A2																					
1E	SAL.PAL. 02-A2																					
1D	SAL.PAL.INFR-02																					
1N	TRIAS GRESEUX																					
11																						
1C																						
1M																						
1B																						
1Q																						
1F																						
1A																						

TABLEAU IV. 2. — Répartition stratigraphique quantitative des spores trilètes verruqueuses.

Source : MNHN, Paris

TV SPORES TRILETES ORNENENTEES VERRUQUEUSES

NBRE INDIVIDUS 784 NBRE ESPECES 41

CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	34	37	61	71	74	76	54	69	6	8	13	31	46	50	53	75	78	9	16
I8	SENONINIEN																					
I6	TURONIEN																					
I4	CENOMANIEN																					
I3	ALBO VRACONIEN																					
I2	ALBIEN		6																			
1I	APTIEN (SUP)		I																			
10	BARREMIEN(APTO)		2																			
9A	TAOURATINE INF.																					
9	JUR.SUP. -NEOC.	3	122		3	I	3	3	4													
8	CAL-KIN(PORTL)	7	12							8	8											
7A	CAL-KIM(PORTL)	9	312							9			8	I	3	2	3	3				
7	CAL-KIM	1	2							50												
6	BATNONIEN 2	9	192							5		1	20	3		3		I				I
5A	BATNONIEN																					
5	BATHONIEN 1	8	85	3						1		1	I8	1	1	2						
4J	LIAS-DOGGER																					
4F																						
4E		1	10											10					I0			
4D		10	4	50																		
4I																						
4C		2	16					6		6		6	6								12	
3A	LIAS-DOG.OCCD.																					
4B		1	4							25					25							
4A		3	8																			
3	NIVEAU 8		4																	25		
2	SAL.PAL. A2-B		4							25												
IK	SAL.PAL.INFR-A2																					
IE	SAL.PAL. D2-A2																					
10	SAL.PAL.INFP-D2																					
IN	TRIAS GRESEUX																					
II																						
1C																						
1M																						
IB																						
IQ																						
1F																						
IA																						

TABLEAU IV. 2. — (suite) — Répartition stratigraphique quantitative des spores trilètes verruqueuses.

Source : MNHN, Paris

VI. — LES SPORES TRILÈTES VERRUQUEUSES À PÉRISPORE = TVP

cf. B. PEROTRILITES PSEUDORETICULATUS Couper = *TVP 4.*

Fig. IV. 10.

R. A. Couper 1953, Pl. 3, fig. 30.

Description • Spore trilète triangulaire aux côtés convexes ; laesurae fines et très larges (= au rayon) ; exine sombre et épaisse parcourue de crêtes sinueuses ; l'ensemble de la spore est entouré d'une périspore byaline épousant les formes du corps de grain. Taille : 45 µ.

Répartition • Holotype : Jurassique de Nouvelle-Zélande ; Sahara : Jurassique supérieur.

Fig. IV. 10. — *Perotrilites pseudoreticulatus* Couper (TVP 4).

cf. Spore de *PILLULARIA NOVAE-ZEALANDIAE* T. Kirk *in* Couper 1953 = *TVP 1.*

Fig. IV. 11.

R. A. Couper 1953, Pl. 1, fig. 7.

Fig. IV. 11. — Cf. spore de *Pillularia novae-zelandiae* Kirk (TVP 1).

Source : MNHN, Paris

DESCRIPTION • Spore ronde à l'exine sombre dont l'épaisseur est difficilement mesurable ; laesurae courtes (1/2 du rayon) ; entourée d'une périspore très plissotée et d'apparence cérébroïde formant un anneau de 5-6 μ ; fréquemment en tétrade. Taille : 25-55 μ.

RÉPARTITION • Jurassique de Nouvelle-Zélande ; Sahara : Bathonien-Callovien.

VII. — LES SPORES TRILÊTES VERRUQUEUSES À « ZONA » = TVZ

A. — LES GENRES.

Le genre *Hymenozonotriletes* Naumova 1937 ex Naumova 1963 concerne des spores trilètes de contour arrondi à subtriangulaire et munies d'une zona membraneuse équatoriale ; l'exine épaisse porte des coni ou des épines et des laesurae ne se prolongent pas sur la zona comme dans le genre *Aequitriradites* Delcourt et Sprumont 1955.

Le genre *Kraeuselisporites* Leschick 1955 correspond à une diagnose voisine de celle d'*Hymenozonotriletes* mais il s'agit de spores triasiques à l'exine fine et souple.

B. — LES FORMES ET LES ESPÈCES.

cf. A. HYMENOZONOTRILETES MESOZOÏCUS POCOCK = *TVZ 1*

Pl. 17, fig. 1-2 et fig. IV. 12 a.

S. J. Pocock 1962, Pl. 5, fig. 85-86.

DESCRIPTION • Spore triangulaire arrondie à l'exine épaisse et munie d'épines au bout arrondi ou pointu ; laesurae = 2/3 du rayon ; entourée d'une zona membraneuse équatoriale au contour déchiqueté et où percent des épines du corps central ; dimension des épines : 1,5 μ de large, 2-2,5 μ de haut. Taille : 46-66 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Néocomien du Canada ; Sahara : Néocomien.

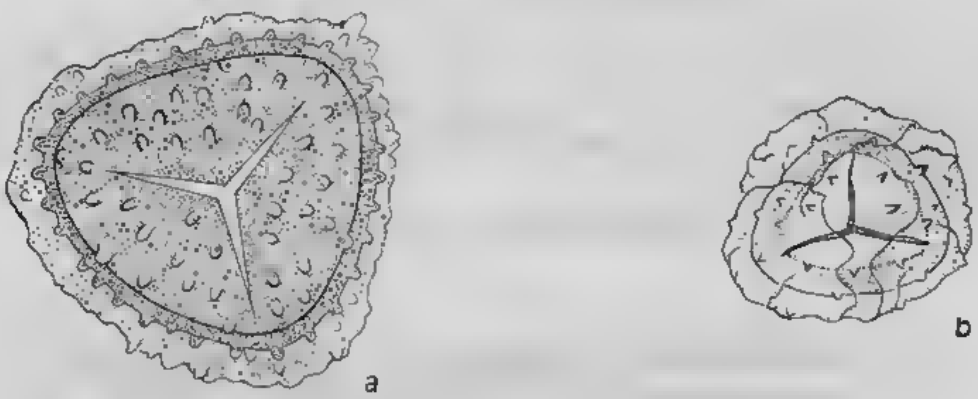


FIG. IV. 12. — a *Hymenozonotriletes mesozoicus* Pocock (TVZ 1).
b *Kraeuselisporites* Leschick sp. 1 (TS 13).

Source : MNHN, Paris

KRAEUSELISPORITES Leschick sp. 1 = *TS 13.*
Fig. IV. 12 b.

Description • Spore triangulaire à l'exine claire, entourée d'une zona équatoriale et dont l'exine est lâchement parsemée de cônes de 1,5 µ de haut ; laesurae nettes. Taille : 24 µ.

Répartition • Sahara : Salifère principal (Trias supérieur-Infralias ?).

Rapports et différences. Forme codifiée TS parce que la zona a souvent disparu.

VIII. — LES SPORES TRILÈTES À BULLES OU « BULLAE » = TB

Sont ainsi désignées les spores, en général petites, montrant en coupe équatoriale des verrues très bombées et irrégulières en forme de bulles (*bullae*).

TRILITES Cookson ex Couper sp. 3 = *TB 1.*
Pl. 17, fig. 3.

S. Jardiné et J. Magloire 1965, Pl. 5-6, S.Cl 122.

Description • Spore de contour arrondi dont l'exine est constituée de bulles plus ou moins larges et épaisses, allant de 3 µ dans la partie proximale à 10 µ dans la zone équatoriale ; la hauteur variant de 2 à 5 µ ; laesurae courtes et mal visibles ; certains spécimens ont de véritables boules de 3 µ de diamètre accrochées à l'exine. Taille : 22-30 µ.

Répartition • Albien supérieur de l'Afrique occidentale ; Sahara : Albien.

Rapports et différences • Ces formes ont été précédemment rangées dans l'espèce *Bullasporis aequatorialis* W. Krutzsch (Y. Reyre 1966, Pl. 1, fig. 5-6). En fait l'holotype de cette espèce (Krutzsch 1959, Taf. 18, fig. 190-192) est plus grande et d'ornementation équatoriale plus régulière.

BULLASPORIS Krutzsch sp. 1 = *TB 2.*
Pl. 17, fig. 4.

Description • Spore arrondie munie de bulles sur les parties distale et équatoriale ; la partie proximale est fine, affaissée, et les laesurae légèrement sinueuses correspondent à un pincement de l'exine. Taille : 23-26 µ.

Répartition • Sahara : Callovien-Crétacé inférieur (anté-Barrémien).

IX. — LES SPORES TRILÈTES À CÔTES RADIÉES
(spores remaniées provenant de sédiments primaires).

Elles sont très peu nombreuses mais il est important de les connaître car elles indiquent avec certitude les remaniements de matériel primaire (Dévonien principalement, Carbonifère).

Source : MNHN, Paris

EMPHANISPORITES Staplin et Jansonius sp. 1.
Pl. 17, fig. 6-7.

Spores triangulaires aux côtés convexes et plus ou côtes radiés, laesurae nettes ; taille 25-33 µ ; connues dans le Dévonien d'Europe et d'Amérique ; remaniées dans le Bathonien de l'Extrême Sud-tunisien (rares).

cf. COSTAPORA Staplin et Jansonius.
Pl. 17, fig. 5.

Spore triangulaire à côtés droits et laesurae longues ; plis (ou côtes) radiaux perpendiculaires aux côtes mais ne convergeant pas vers le pôle proximal ; taille : 50 µ ; vraisemblablement remaniée dans le Jurassique supérieur de l'Extrême-Sud tunisien (le genre *Costapora* est carbonifère).

EMPHANISPORITES Staplin et Jansonius sp. 2.
Pl. 17, fig. 8.

Petite spore à exine fine et claire ; laesurae longues ; plis radiés perpendiculaires aux côtés ; taille : 20 µ. Trouvée dans le Lias-Dogger inférieur (rare).

X. — LES SPORES TRILÈTES GRANULEUSES = TG

Dans ce groupe ont été rangées des espèces appartenant à divers genres déjà définis dans d'autres groupes mais dont la sculpture est faite d'éléments variés mais petits (grana, granula, petits coni, petites bacules).

TRILITES Cookson ex Couper sp. 5 = *TG 17.*
Fig. IV. 13.

Description • Spore trilète triangulaire à côtés droits ; laesurae = 3/4 du rayon et prolongées par un renflement de l'exine ; exine épaisse de 2,5 µ : une couche interne très fine, une couche externe munies de grana-bacula très courts et très espacés de 1,5 µ de haut. Taille : 40-46 µ.

Répartition • Sahara : Barrémien à Albo-Vraconien.

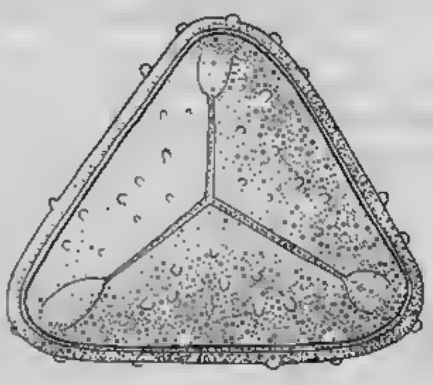


Fig. IV. 13. — *Trilites* Cookson *sp.* 5 (TG 17).

Source : MNHN, Paris

cf. C. COMBACULATISPORITES CRETACEUS Deak = *TG 7.*
Pl. 17, fig. 12.

M. Deak 1962, Pl. 9, fig. 4-6.

Description • Spore triangulaire à côtés concaves ; laesurae 2/3 du rayon ; d'une manière désordonnée sont répartis à la surface de l'exine des grana, des muri et des bacula de 1 μ de haut et de 1 à 3,5 μ de large. Taille : 20 μ.

Répartition • Holotype : Aptien de Hongrie ; Sahara : Albien (rare).

Rapports et nipférences • L'bolotype est nettement plus grand (40 μ) et ne montre que des bacula et des grana.

cf. B. TRILITES COMAUMENSIS Cookson = *TG 4.*
Pl. 17, fig. 9.

I. Cookson 1953, Pl. 2, fig. 27-28.
R. Potonié 1956, Taf. 3, fig. 31 = *Baculatisporites comaumensis.*
E. Tralau 1968, Pl. 8, fig. 12 = *Baculatisporites comaumensis.*

Description • Spore trilète ronde ; laesurae = 3/4 du rayon ; exine épaisse de 2 μ environ, munie de grana-bacula de 1 à 1,5 μ de haut comme de large et espacés de 3 à 4 μ. Taille : 45-57 μ.

Répartition • Holotype : Mésozoïque supérieur d'Australie ; Suède : Jurassique moyen ; Sahara : Jurassique supérieur (rare).

cf. C. OSMUNDACIDITES WELLMANNII Couper = *TG 5.*
Pl. 17, fig. 10-11.

R. A. Couper 1953, Pl. 1, fig. 5.
S. J. Pocock 1962, Pl. 1, fig. 15.
E. Tralau 1968, Pl. 7, fig. 2, 3.

Description • Spore arrondie ; laesurae courtes à longues (1/2 à 2/3 du rayon) ; exine épaisse de 1 à 1,5 μ, couverte de papilles de 1 μ environ. Taille : 36-42 μ.

Répartition • Holotype : Jurassique-Crétacé de Nouvelle-Zélande ; Crétacé inférieur du Canada ; Jurassique moyen de Suède ; Sahara : Jurassique supérieur-Néocomien.

Rapports et nippérences • *Granulatasporites granifer* Leschick a souvent une taille comparable mais la granulation est nettement moins marquée et les laesurae invisibles.

CONCAVISSIMISPORITES (Delcourt et Sprumont)
Delcourt, Dettmann et Hughes sp. 1 = *TG 9.*
Pl. 18, fig. 1-2.

Description • Spores triangulaires aux coins arrondis et côtés concaves ; laesurae : 3/4 du grand rayon ; exine de 1,5 μ, couverte de grana de 1 μ espacés très irrégulièrement. Taille : 25-35 μ,

Répartition • Sahara : Lias moyen (?) — Kimméridgien.

Source : MNHN, Paris

cf. B. GRANULATASPORITES GRANIFER Leschik = *TG 12.*
Pl. 18, fig. 3-4.

G. Lescbik 1955, Taf. 3, fig. 23.

Description • Formes rondes aux laesurae invisibles ou parfois superposées ; exine ferme, non plissée de 1,5 μ et couverte uniformément de petits grana de 0,5 μ plus ou moins denses. Taille : 20-38 μ.

Répartition • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Salifère principal — Niveau B (Trias moyen à Sinémurien ?).

Rapports et différences • Ces formes sont rangées dans les spores en raison de l'épaisseur et de la rigidité de l'exine, mais il s'agit peut-être de pollens.

XI. — LES SPORES RÉTICULÉES (TR) OU À RUGULES IRRÉGULIÈRES (TU)

A. — Les genres.

Le genre *Retitriletes* (van der Hammen) Döring, Krit, Mai et Schulz 1963 est ici employé pour désigner des spores rondes ou triangulaires arrondies et enveloppées dans un filet dessinant à la surface de la spore un réseau généralement clair ayant parfois la disposition d'un reticulum à mailles très lâches.

Le genre *Lycopodiumsporites* (Thiergart 1938, Delcourt et Sprumont 1955) est considéré par plusieurs auteurs (W. Krutzsch 1959, M. Dettmann et N. F. Hughes 1963) comme non valide parce que l'espèce-type de *L. agathoecus* (Potonié, Thiergart 1938) aurait non une sculpture réticulée mais fovéo-réticulée. Ce genre est toutefois largement employé par C. Singh (1964) et E. Tralau 1968 pour désigner des formes pourvues sur la face proximale ou les deux faces d'un reticulum en général grand et aux muri élevés et clairs. En fait, la diagnose générique de Delcourt et Sprumont (1965, p. 31) est vague et il semble qu'il vaut mieux ranger ces formes dans le genre mieux défini *Reticulatisporites* (Ibrahim 1933) Potonié et Kremp 1958 bien que celui-ci soit un genre du Primaire.

Le genre *Reticulatisporites* (Ibrahim 1933) Potonié et Kremp 1958 est réservé aux spores en général arrondies et munies sur toute la surface d'un reticulum également superposé à une couche basale mais dont les muri sont très élevés de sorte qu'en coupe optique ils apparaissent sur le contour du grain comme des bâtonnets reliés.

Le genre *Ischyosporites* Balme 1957 concerne les spores trilètes triangulaires aux côtés droits ou convexes, aux laesurae longues, dont la partie distale bombée est épaissie et ornée de bandes (muri) épaisses anastosomées ou formant un reticulum irrégulier, la partie distale pouvant être ou non munie d'une sculpture. Si *I. scaberis* Balme a une scultpure de bandes anastomosées sur les deux faces, l'espèce-type *I. crateris* Balme 1957 a une sculpture fovéo-réticulée sur la face distale seulement. Ainsi le genre *Klukisporites* Couper 1958 désignant les spores à sculpture fovéo-réticulée distale équivaut à *Ischyosporites pro parte.* Döring 1965 ne considère d'ailleurs comme acceptable que le genre *Ischyosporites.* En fait, les espèces-types des deux genres illustrent, aussi mal l'une que l'autre, les diagnoses génériques correspondantes. Dans le Mésozoïque saharien, aucune spore du genre *Klukisporites* au sens littéral de la diagnose n'a été rencontrée. Dans ce travail, ne sont attribuées au genre *Ischyosporites* que les spores possédant sur une ou deux faces une sculpture d'éléments allongés épaissis (bandes) plus on moins longs et sinueux allant jusqu'à de véritables plaques au contour sinueux.

Le genre *Reticulisporites* Potonié et Kremp concernerait d'aprés R. Potonié 1956, les spores aux laesurae longues munies sur les deux faces d'un reticulum aux muri peu élevés. La figuratino montre qu'il s'agit en fait d'une sculpture fovéo-réticulée dans une exine épaisse (R. Potonié 1659, Taf. 5, fig. 50).

Source : MNHN, Paris

B. — Les formes et les espèces.

1. — *Les spores réticulées.*

cf. B. RETICULATISPORITES CASTELLATUS Pocock = *TR 4.*
Pl. 18, fig. 5.

S. J. Pocock 1962, Pl. 1, fig. 14.

Description • Spore globuleuse ; exine munie d'un très grand et très haut reticulum ; muri ne dépassant pas 6 μ entourant des lumières (luminae) de 15 à 20 μ et de forme rectangulaire à trapézoïdale ; dimension : 88-90 μ.

Répartition • Holotype : Néocomien du Canada ; Sahara : Bathonien-Barrémien.

Rapports et dippérences • Les formes sahariennes sont mal conservées de sorte que les muri peu rigides sont moins dressés donc moins hauts que ceux de l'holotype.

RETITRILETES (Van der Hammen) Dōring, Krit, Mai et Schulz sp. 1 = *TR 1.*
Pl. 18, fig. 6 et 8 ; fig. IV. 14.

Description • Spores claires arrondies ou triangulaires arrondies ; exine : 1 à 1,5 μ laesurae fines, parfois invisibles ; entourée d'un filet translucide ou très clair dessinant un reticulum très imparfait aux mailles allant de 6 à 18 μ ; muri de 1 à 2 μ de large et de haut. Taille : 32-38 μ.

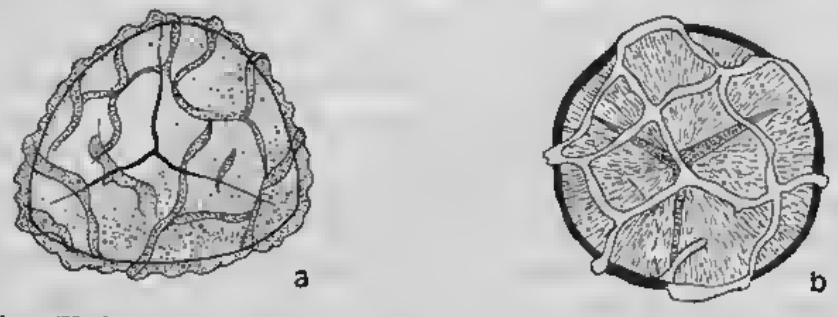


Fig. IV. 14. — *Retitriletes* (V. der Ham.) D.K.M.S. sp. 1 (TR 1) a. forme claire à reticulum irrégulier ; b. forme sombre à réticulum net et clos.

Répartition • Lias (moyen ?) — Crétacé inférieur.

Rapports et dippérences • *R. concavus* Schulz 1966 est concave et a une taille plus grande (Toarcien-Aalénien d'Allemagne). En fait plusieurs formes légèrement différentes ont été rangées dans ce groupe *Retitriletes* sp. 1 (voir figuration).

cf. LYCOPODIUMSPORITES PSEUDOPHYLLANTUS Tralau = *TR 12.*
Fig. IV. 15.

E. Tralau 1968, Pl. 1, fig. 6-7.

Description • Spore ronde ou triangulaire très arrondie ; laesurae moyennement longues ; exine réticulée sur toute la surface ; reticulum irrégulier 3-6 μ ; muri sinueux : 1,5 à 2 μ de haut et de large. Taille : 52 μ.

Source : MNHN, Paris

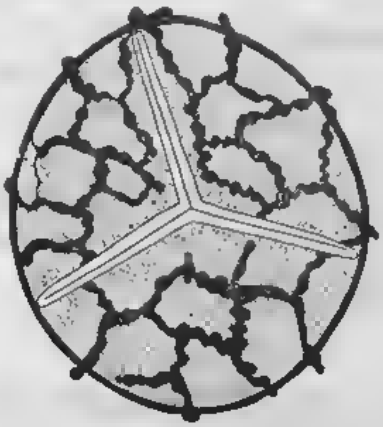


FIG. IV. 15. — *Lycopodiumsporites pseudophyllantus* Tralau (TR 12).

RÉPARTITION • Holotype : Jurassique moyen de Suède ; Sahara : Callovien-Jurassique supérieur (rare).

cf. RETICULISPORITES (Ibrahim) POTONIÉ et KREMP = *TR 3.*
Pl. 18, fig. 7.

DESCRIPTION • Spore globulaire aux laesurae invisibles ; exine : une couche interne claire, fine ; une couche externe épaisse formant un reticulum en hexagones réguliers sur toute la surface ; muri : 2,5 μ de large et 2,5 μ de baut ; lumières (luminae) : 10 μ. Taille : 56-67 μ.

RÉPARTITION • Sahara : probablement primaires, remaniées à divers niveaux du Mésozoïque.

RETICULISPORITES POTONIÉ et KREMP sp. 1 = *TR 6.*
Pl. 18, fig. 9.

DESCRIPTION • Spores rondes aux laesurae droites et longues ; exine épaisse de 4 μ au niveau des muri, de 2,5 μ entre les muri sur le contour équatorial ; largeur des muri : 2,5 μ ; lumières (luminae) hexagonales : 5-7 μ. Taille : 45-60 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien-Callovien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Ischyosporites crateris* Balme 1957, Pl. 3, fig. 45-47, est triangulaire et pourvue de fovéoles moins nombreuses séparées par des muri très larges.

RETICULATISPORIS POTONIÉ et KREMP sp. 2 = *TR 7.*
Pl. 18, fig. 10-11.

DESCRIPTION • Spore triangulaire arrondie ; laesurae longues et droites ; exine fovéo-réticulée sur les deux faces ; épaisseur : 1 μ entre les muri sur le contour équatorial et 1,5 μ au niveau des muri ; largeur des muri : 1,5 μ environ ; luminae plus ou moins elliptiques : 3-5 μ. Taille : 42-48 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Lias-Dogger inférieur à Callovien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les mêmes formes ont été précédemment attribuées à *Klukisporites pseudoreticulatus* Couper, mais cette espèce n'a que la face distale sculptée.

Source : MNHN, Paris

2. — *Les spores à rugulae irrégulières.*

cf. KNOXISPORITES Potonié et Kremp.
Pl. 19, fig. 2.

Description • Spores trilètes triangulaires de contour irrégulier et d'exine très épaisse, opaque, munie de larges bandes épaissies (4 μ) sinueuses, irrégulières et se croisant au moins sur la face distale. Taille : 42 μ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Par l'épaisseur de l'exine et la présence de bandes entrecroisées, elles rappellent le genre carbonifère *Knoxisporites* Potonié et Kremp.

cf. C. CICATRICOSISPORITES DUNROBINENSIS Couper = *TU 4.*
Pl. 19, fig. 3-5.

R. A. Couper 1958, Pl. 17, fig. 13-15.

Description • Spore trilète de contour équatorial arrondi (fig. 3), face distale bombée et face proximale aplatie (fig. 5) : larges rugulae distales sinueuses mais plus ou moins parallèles aux côtés de la spore ; ces rugulae ont une coupe hémisphérique et la distance séparant les milieux des rugules varie de 3 μ sur les petits grains à 7 μ sur les grands ; largeur des rugules : 1 à 3 μ ; sur un contour de grain, on compte environ 12 rugulae. Taille : 18-32 μ (souvent en tétrades).

Répartition • Holotype : Lias-Dogger de Grande-Bretagne ; Sahara : partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • L'aspect général des formes sahariennes est assez voisin de celui de l'holotype mais la taille est deux à trois fois plus petite ; en outre sur certains grains, les laesurae ne sont pas visibles.

cf. A. ISCHYOSPORITES SCABERIS Cookson et Dettmann = *TU 7.*
Pl. 19, fig. fi-7.

J. Cookson et M. Dettmann 1958, Pl. 15, fig. 7-9.

Description • Spores de contour équatorial rond et sinueux ; laesurae très longues, mal visibles ; les deux faces sont parcourues de bandes (rugulae) de largeur variable mais grande (3 à 8 μ) sinueuses et anastomosées formant en coupe optique un vague reticulum très imparfait ; épaisseur de l'exine mesurée sur le contour : 1,5 μ entre les bandes, 3 à 5 μ au niveau des bandes. Taille : 45-65 μ.

Répartition • Holotype : Néocomien-Aptien d'Australie ; Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Le matériel saharien contient en fait des formes à bandes très plates et longues, comme celle de la fig. 6, correspondant au paratype de l'espèce, et des formes à bandes épaisses et courtes comme celle de la fig. 7, correspondant à l'holotype.

ISCHYOSPORITES Balme sp. 1 = *TU 10.*
Pl. 19, fig. 8-9.

Description • Spores triangulaires à côtés convexes ; laesurae = 2/3 du rayon, contour crénelé ; sculpture sur les deux faces : bandes sinueuses anastomosées formant en coupe optique un reti-

Source : MNHN, Paris

culum irrégulier ; épaisseurs mesurées sur le contour : entre les bandes 1 µ, au niveau des bandes 2 à 2,5 µ ; longueur des bandes 6-7 µ environ ; taille : 32-40 µ.

Répartition • Israël : Crétacé inférieur ; Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur à Kimméridgien.

Rapports et différences • La sculpture a un aspect rappelant celui de *Klukisporites variegatus* Couper 1958, Pl. 19, fig. 4-6, mais la taille est nettement plus faible.

cf. ISCHYOSPORITES Balme sp. 2 = *TU 16.*

Fig. IV. 16, a.

Description • Spore triangulaire aux laesurae longues et droites ; exine très épaisse sur les parties équatoriale et distale où elle est constituée de larges plaques épaisses séparées par des zones minces longues et sinueuses ; exine munie de grana ou de courts bacula. Taille : 45 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien (rare).

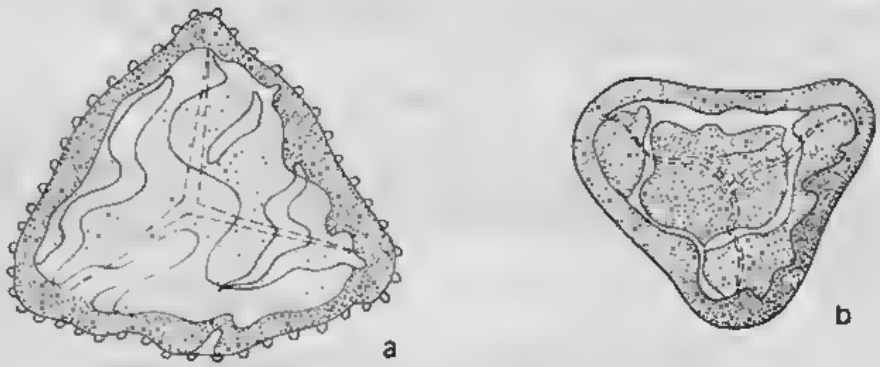


Fig. IV. 16. — a *Ischyosporites* Balme sp. 2 (TU 16) ;
b *Ischyosporites* Balme sp. 3 (TU 14).

cf. ISCHYOSPORITES Balme sp. 3 = *TU 14.*

Fig. IV. 16 b.

Description • Spore triangulaire aux côtés concaves ; partie équatoriale et distale de l'exine constituée de plaques épaissies, séparées par des zones fines allongées et sinueuses de largeur variable ; laesurae longues et sinueuses. Taille : 36 µ.

Répartition • Sahara : Lias-Dogger inférieur (rare).

XII. — LES SPORES TRILÈTES À POILS OU À ÉPINES (*TRILETES APICULATI*) = TP

A. — Les genres.

Le genre *Pilosisporites* Delcourt et Sprumont 1955 concerne les spores trilètes de forme générale variable dont l'exine ou une partie de l'exine porte des poils, cheveux ou soies et, d'après la diagnose même, des papilles mais pas d'épines coniques.

Source : MNHN, Paris

Le genre *Echinatisporis* Krutzsch 1959 désigne les spores rondes munies d'épines de grande taille, c'est-à-dire d'éléments allongés, fusiformes et pointus, de densité et grandeur variables. Lorsque les épines sont insérées à la base sur une pustule plus ou moins hémisphériques (creuse d'après Krutzsch 1959) il s'agit du genre *Pustechinosporis* Krutzsch 1959.

Le genre *Baculatisporites* Thomson et Pflug 1953 concerne, d'après la diagnose, des spores avec une sculpture en bâtonnets peu serrés et peu allongés. R. Potonié 1956 précise qu'il s'agit des spores arrondies et que les baculae peuvent aller jusqu'à la forme de cône. Ce point de vue n'est pas adopté ici et les spores munies de coni plus ou moins parfaits ou de petites épines dressées sont rangées dans le genre *Apiculatisporites* (Ibrahim 1933) Potonié et Kremp 1955 (= *Apiculatisporis*).

B. — LES FORMES ET LES ESPÈCES.

APICULATISPORITES (Ibrahim) POTONIÉ et KREMP sp. 1.

Pl. 24, fig. 1.

DESCRIPTION • Spore ronde ; laesurae = 2/3 du rayon, mal visibles ; épaisseur de l'exine difficile à mesurer en raison de la densité d'ornementation ; exine uniformément et densément couverte de coni pointus et de papilles de section polyèdrique ; dimension des coni : 1,5-2 µ de largeur basale, 1,5 µ de haut. Taille : 45 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Barrémien (rare, non codifiée) ; Valanginien d'Israël.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Osmundacites wellmannii* Couper 1953 est couverte de papilles et de grana mais non de coni qui d'ailleurs ne sont pas signalés dans la diagnose du genre *Osmundacites*. *Apiculatisporites globosus* Leschik 1955 a une taille plus grande et des laesurae nettes et longées d'un bourrelet.

cf. C. APICULATISPORIS JURASSICUS SCHULZ

Pl. 24, fig. 2-3.

E. Schulz 1966, Taf. 1, fig. 6-7.

DESCRIPTION • Spore ronde ; exine épaisse de 1,5 µ, uniformément et densément couverte d'épines fines et pointues de moins de 1 µ de large et 3 µ de haut ; laesurae souvent invisibles longues ou très courtes (3/4 ou 1/3 du rayon). Taille : 32-42 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Toarcien-Aalénien d'Allemagne ; Sahara : Bathonien-Jurassique supérieur (rare, non codifiée).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'holotype est pourvue d'épines plus coniques et plus courtes ; sur sa figuration, on ne voit pas la marque trilète.

cf. C. PILOSISPORITES ERICEUS DELCOURT et SPRUMONT = *TP 1.*

Fig. IV. 17.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, p. 36, fig. 6.

DESCRIPTION • Spore triangulaire aux côtés droits à convexes ; laesurae fines : 3/4 du rayon ; exine sombre (2 µ) et couverte densément de petits poils filiformes de 3-4 µ de long. Taille 34 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Wealdien de Belgique ; Sahara : partie supérieure du Lias-Dogger inférieur (Bajocien ?) à Crétacé inférieur.

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • L'holotype a une taille et des poils deux fois plus grands que ceux des formes sahariennes.

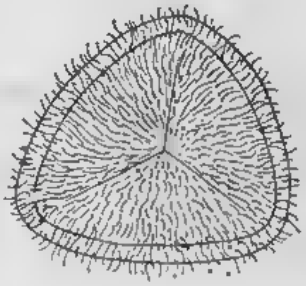


FIG. IV. 17. — *Pilosisporites ericeus* Delcourt et Sprumont (TP 1).

cf. B. PILOSISPORITES TRICHOPAPILLOSUS (Thiergart) DELCOURT et SPRUMONT = *TP 4.*
Pl. 20, fig. 1,

F. Thiergart 1949, Taf. IV-V : *Sporites trichopapillosus.*
A. Delcourt et D. Sprumont 1955, Pl. 3, fig. 3.

DESCRIPTION • Spore triangulaire aux côtés légèrement concaves à droits ; laesurae = 3/4 du rayon ; exine (2 μ) hérissée de poils souples et assez gros : de 4 à 7 μ de long et 1,5 μ de large ; densité de sculpture moyenne. Taille : 50-55 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Wealdien de Hanovre et de Belgique ; Sahara : Callovien-Crétacé inférieur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • D'après la taille des poils, il s'agirait de la forme *brevis* Delcourt et Sprumont.

cf. B. ECHINATISPORIS FSP. A KRUTZSCH = *TP 8.*
Pl. 20, fig. 3.

W. Krutzsch 1959, Taf. 23, fig. 240-242.

DESCRIPTION • Spore très arrondie ; laesurae : 3/5 du rayon ; exine épaisse de 3,5 μ et parsemée d'épines surmontant une pustule conique ; largeur de base des pustules : 5-6 μ, hauteur totale de l'élément de sculpture : 10-12 μ. Taille : 60-70 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (+ 1 spécimen dans le Bathonien).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Le caractère plein ou creux de la pustule est difficile à établir ; il s'agit peut-être du genre *Pustechinosporis.*

PILOSISPORITES DELCOURT et SPRUMONT sp. 2.
Pl. 21, fig. 4-5.

DESCRIPTION • Spore ronde aux laesurae non visibles ; exine (1,5 μ) densément couverte de poils flexibles et longs renflés en une petite pustule à la base ; dimension des poils : 1 μ de diamètre, 12-16 μ de long. Taille : 45-55 μ.

RÉPARTITION • Sahara : rares spécimens dans le Crétacé inférieur anté-Barrémien (forme non codifiée). Existe dans le Valanginien d'Israël.

Source : MNHN, Paris

cf. C. APICULATISPORITES SPINIGER Leschik.
Pl. 24, fig. 4-6.

G. Leschik 1955, Taf. 6-7.

Description • Spore ronde ; laesurae non visibles ; exine (1,5 μ) densément couverte de coni irréguliers et pointus (fig. 6), de 2 μ de haut et 1 μ de large. Taille : 26-30 μ.

Répartition • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Salifère principal - Niveau B.

Rapports et dippérences • L'holotype a une taille comparable mais des épines coniques beaucoup plus espacées.

BACULATISPORITES PILEOLUS (Oelcourt et Sprumont) n. comb. = *TP 2.*
Pl. 20, fig. 4-5.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, p. 30, Pl. 2, fig. 5 : *Punctatisporites pileolus.*

Oescription • Spore globuleuse au contour triangulaire très arrondi ; partie proximale légèrement aplatie ; laesurae longues : 4/5 du rayon ; exine de 1,5 à 2 μ d'épaisseur, lisse mais lâche et pourvue de pustules surmontées d'épines courtes et flexibles ; largeur basale des pustules : 4 μ, hauteur totale de l'élément de sculpture 5 μ environ. Taille : 50-55 μ.

Répartition • Holotype : Tertiaire d'Allemagne ; Sahara : Bathonien - partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • L'holotype a une taille semblable mais des pustules moins nombreuses, plus larges à la base et plus hautes.

ECHINATISPORIS Krutzsch sp. 1 = *TP 5.*
Pl. 20, fig. 6-7.

Oescription • Spore ronde ; laesurae très longues (4/5 du rayon) ou très courtes ; exine paraissant formée par l'accolement de pustules (creuses ou pleines ?) surmontées d'épines ; largeur de base des pustules : 3-5 μ ; hauteur totale de l'élément de sculpture : 7-8 μ. Taille : 50-80 μ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et dippérences • Les espèces du genre *Pustechinosporis* figurées par Krutzsch 1959, Taf. 19-21 d'ont pas d'éléments de sculpture proximaux comme ces formes sahariennes ; pour cette raison, celle-ci a été rangée dans le genre *Echinatisporis.*

XIII. — LES SPORES TRILÈTES CICATRICOSÉES = TC

A. — Les genres.

Oans le Mésozoïque saharien seuls ont été trouvées des espèces des genres *Cicatricosisporites* Potonié et Gelletich 1933, *Costaperforosporites* Oeak 1962, *Schizaesporites* Potonié 1951.

Les spores cicatricosées sont très rares dans le Mézosoïque saharien ; les rares formes ont cependant été illustrées et décrites dans le but de signaler leur présence dont on sait l'importance strati-

Source : MNHN, Paris

graphique. Une attribution à tel genre ou espèce est souvent difficile à proposer en raison du nombre très peu élevé de spécimens ; de même leur description se limite aux seuls caractères observables sur les rares spécimens disposés d'une façon avantageuse ; dans la mesure du possible, les caractères décrits et mesurés sont ceux qui sont utilisés par N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart 1969.

B. — Les formes et les espèces.

cf. C. SCHIZAESPORITES PSEUDOROGENSIS (R. Pot.) Pflug et Thomson *in* Weyland et Greifeld 1953 = *TC 3.*

Pl. 22, fig. 1.

H. Weyland et G. Greifeld 1953, Taf. 11, fig. 48-50, 53.

Description • Spore ellipsoïdale cicatricosée ; aperture non visible ; sculpture positive/négative ; en vue latérale, on compte 16 muri disposés en spirale autour du grain (3 d'une face croisés avec 8 de l'autre face) ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 10 µ. Taille : 25-38 µ.

Répartition • Sahara : Albien.

Rapports et différences • Le genre *Schizaesporites* Potonié 1951 concerne des spores monolètes ; en fait aussi bien le dessin du génotype *in* Potonié 1956, Taf. 11, fig. 108, que les autres espèces de ce genre ne montrent pas une marque monolète évidente. Toutefois, l'épaisseur des muri, leur opacité, la rigidité laissent penser qu'il s'agit de spores et non de pollen du genre *Gnetacaepollenites* (voir E. Stover 1964).

CICATRICOSISPORITES cf. B. ANEIMIA TRIPARTITA Bolchovitina = *TC 4.*

Pl. 22, fig. 2.

N. A. Bolchovitina 1953, Pl. 4, fig. 14-15.

Description • En vue proximale, la spore est triangulaire aux côtés légèrement concaves ; laesurae : 3/4 du rayon ; sculpture positive/négative ; épaisseur radiale équatoriale de l'exine : 1,5-2 µ ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 9-11 µ ; en raison du mauvais état de conservation, aucun autre caractère ne peut être précisé. Diamètre principal : 45 µ.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien à Albien (rare).

cf. B. CICATRICOSISPORITES S CI 40 Jardiné et Magloire = *TC 6.*

Pl. 22, fig. 3.

S. Jardiné et L. Magloire 1963, Tabl. 1, fig. 12-14.

Description • Contour équatorial triangulaire arrondi ; épaisseur radiale équatoriale de l'exine : 1 µ ; sculpture positive ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 7-11 µ ; autres caractères des cicatricosées impossibles à préciser ; diamètre principal : 35 µ.

Répartition • Albien-Cénomanien inférieur du Sénégal et la Côte d'Ivoire ; Sahara : quelques spécimens dans l'Albien.

Source : MNHN, Paris

cf. C. CICATRICOSISPORITES ORBICULATUS Singh = *TC 0.*
Fig. IV. 18.

C. Singh 1964, Pl. 6, fig. 9-12.

Description • Spore ronde, contour crénelé ; laesurae = 4/5 du rayon ; sculpture positive ; muri très bas (4 à 5 dans chaque 1/3 proximal) ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 5 μ (point de convergence dans la partie distale) à 10 μ ; exine très fine ; diamètre 30 μ.

Répartition • Holotype : Aptien du Canada ; Sahara : Albien.

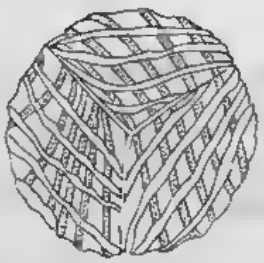


Fig. IV. 18. — *Cicatricosisporites orbiculatus* Singh (TC 0).

CICATRICOSISPORITES cf. ANEIMIA PSEUDAURIFERA Bolchovitina = *TC 9.*
Pl. 22, fig. 4-5.

N. A. Bolchovitina 1953, Pl. 4, fig. 13.

Répartition • Contour équatorial triangulaire convexe ; laesurae courtes : 1/2 du rayon ; épaisseur de l'exine avec les muri : 3 μ ; sculpture positive/négative sur certaines formes, négatives sur d'autres (?) ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 11-14 μ ; diamètre principal : 35-45 μ.

Description • Sahara : partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien à Crétacé inférieur.

CICATRICOSISPORITES sp. 1 = *TC 16.*
Pl. 22, fig. 6.

Description • Contour équatorial triangulaire très convexe ; laesurae = 3/4 du rayon ; épaisseur de l'exine entre les muri : 1 μ ; avec les muri, 2,5 μ ; sculpture positive/négative ; largeur des muri 6-7 μ ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 25 μ ; diamètre : 48 μ.

Répartition • Sahara : Jurassique supérieur-Crétacé inférieur. Existe dans le Valanginien d'Israël.

cf. C. CICATRICOSISPORITES RECTICICATRICOSUS Döring = *TC 19.*
Pl. 22, fig. 7-8.

H. Döring 1965, Taf. 5, fig. 2-5.
N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart 1969, p. 89, Pl. 13, fig. 1-12 : *Cicatr AT.*

Description • Contour équatorial triangulaire droit ; laesurae = 3/4 du rayon ; surface distale convexe ; on n'observe pas de lèvres membraneuses ; épaisseur radiale-équatoriale de l'exine

Source : MNHN, Paris

3 µ ; sculpture négative au moins sur la surface distale (Pl. 22, fig. 8) ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 12 µ ; diamètre maximum : 42-50 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Wealdien D à G d'Allemagne ; Tithonique-Hauterivien d'Angleterre ; Valanginien d'Israël ; Sahara : Jurassique supérieur - Crétacé inférieur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les muri semblent plus larges et la sculpture plus négative que sur la forme *Cicatr AT* Hughes et Moody-Stuart 1969 ; en outre, les lèvres des laesurae ne sont pas observées. Les formes sahariennes rappellent également *Cicatricosisporites abacus* Burger.

cf. B. CICATRICOSISPORITES MAGNUS DÖRING = *TC 20.*

Pl. 23, fig. 1-3.

H. Döring 1965.
D. Burger 1966, Pl. 10, fig. 1, *non* Pl. 11, fig. 2.

DESCRIPTION • Contour équatorial triangulaire légèrement convexe ; laesurae longues ; face proximale pyramidale sculptée ; lèvres des laesurae visibles : 3 µ ; épaisseur radiale-équatoriale de l'exine : 3,5 µ ; sculpture positive ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 12-16 µ ; largeur des muri : 3,5 µ ; largeur des canaux : 1 µ ; diamètre : 65 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Wealdien E d'Allemagne du Nord ; Valanginien d'Israël ; Wealdien de Hollande ; Sahara : Jurassique supérieur - Crétacé inférieur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • La vue microscopique électronique à balayage (Pl. 23, fig. 3) montre le mode de jonction latéro-distale des muri, mode très caractéristique de l'espèce.

CICATRICOSISPORITES sp. 2 = *TC 24.*

Pl. 23, fig. 4-5.

DESCRIPTION • Contour équatorial triangulaire légèrement convexe ; laesurae longues non rectilignes (3/4 du rayon) ; lèvres des laesurae : 3 µ ; face proximale aplatie sans sculpture, face distale convexe ; épaisseur de l'exine entre les muri : 1 µ, avec les muri : 3 µ ; sculpture positive ; largeur des muri : 2 µ ; largeur des inter-muri : 3 µ ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 12-14 µ, sauf aux coins où les muri se rejoignent ; face distale sculptée (schéma 2 Deak 1963 ; voir Pl. 23, fig. 4). Diamètre maximum : 45-48 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur - Crétacé inférieur.

CICATRICOSISPORITES sp. 3 = *TC 7.*

Pl. 22, fig. 9-10.

DESCRIPTION • Spores cicatricosées à sculpture positive/négative ; exemplaires mal conservés ou mal disposés ; certains ont un contour équatorial triangulaire convexe (fig. 9) ; d'autres une forme triplane par déformation : muri de 1 µ de large, canaux de 0,5 µ ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 6 µ environ.

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Certaines formes rappellent *Pelleteria minuistriata.*

Source : MNHN, Paris

CICATRICOSISPORITES sp. 4 = *TC 10.*
Pl. 22, fig. 11-12.

DESCRIPTION • Contour équatorial triangulaire convexe ; face proximale aplatie avec un triangle joignant les extrémités des laesurae sans sculpture ; face distale convexe ; sculpture positive ; épaisseur de l'exine avec les muri : 3 µ ; largeur des muri : 2,5 µ, hauteur : 2 µ ; distance séparant 4 muri et lumina adjacents : 15-18 µ ; sur les parties latérales, diamètre : 34-43 µ.

RÉPARTITION • Sahara : partie supérieure du Jurassique supérieur - Crétacé inférieur à Barrémien.

CICATRICOSISPORITES sp. 6 = *TC 34.*
Fig. IV. 19 a.

DESCRIPTION • Spore cicatricosée de contour équatorial triangulaire arrondi aux laesurae courtes et dont au moins deux muri montrent au niveau du pôle distal deux anneaux perforés ; taille : 53 µ.

RÉPARTITION • Un seul spécimen a été trouvé dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien du sondage DB1 (128 m) ; il mérite d'être signalé car ce sondage débute dans cet intervalle ; il ne peut s'agir d'une retombée de matériel crétacé.

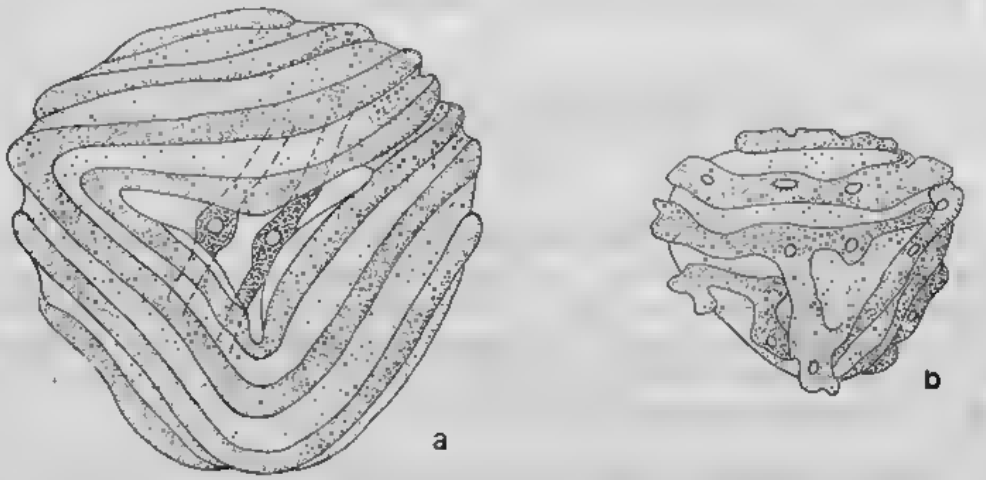


FIG. IV. 19. — a *Cicatricosisporites* Pot. et Gell. sp. 6 (TC 34) ;
b *Cicatricosisporites* Pot. et Gell. sp. 7 (TC 12).

CICATRICOSISPORITES sp. 7 = *TC 12.*
Fig. IV. 19 b.

DESCRIPTION • Spore cicatricosée à muri sinueux et perforés ; largeur des muri : 3-4 µ ; largeur des lumina variable ; taille : 37 µ.

RÉPARTITION • Rares spécimens trouvés en haut du sondage DB1 qui commence dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (il ne peut là encore s'agir d'une retombée de matériel crétacé).

Source : MNHN, Paris

XIV. — LES SPORES MONOLÈTES LISSES : ML

cf. B. LEVIGATOSPORITES DISCORDATUS Pflug = *ML 2.*

Pl. 24, fig. 7.

P. Thomson et H. Pflug 1953, Taf. 3, fig. 40-44.

Description • Spore monolète assez large ; exine 2 µ très légèrement bosselée ; laesurae moyennement longues (2/3 de l'axe longitudinal) terminées par un « divisus » ; taille : 50-70 µ.

Répartition • Holotype : Tertiaire d'Europe Centrale ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

cf. PEROMONOLITES Couper = *ML 3.*

Pl. 24, fig. 8.

Description • Spore monolète d'allure ellipsoïdale ; exine fine (0,5 µ) ; laesurae très longue ; une périspore hyaline et fine l'entoure, faisant en coupe optique un anneau de 3 µ environ ; taille : 13-16 µ/23-28 µ.

Répartition • Sahara : Trias gréseux inférieur. Intervalle a^2 — B (Keuper - Lias inférieur ?).

XV. — LES SPORES MONOLÈTES VERRUQUEUSES : MV

cf. C. SCHIZEA PUNCTATA Cookson = *MV 8.*

Pl. 25, fig. 1-2.

I. Cookson 1947, Pl. 8, fig. 5-7.

Description • Spore monolète en forme de haricot ; exine : 1,5 µ sculpture comprise ; face distale bien convexe ; laesura : 1/2 à 2/3 de l'axe longitudinal ; exine couverte de micro-verrues très serrées de 0,5 à 1 µ de diamètre ; taille : 30-40 µ/46-59 µ.

Répartition • Holotype : Pliocène de Nouvelle-Zélande ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • La diagnose spécifique mentionne qu'il s'agit d'une exine « decply pitted » ; en fait, la figuration (Cookson 1957, Pl. 8, fig. 5) montre clairement que l'exine est couverte de microverrues comme les formes sahariennes. Par contre, la laesura de l'holotype est nettement plus longue.

POLYPODIISPORITES Potonié sp. 1 = *MV 0.*

Pl. 24, fig. 9.

Description • Spore monolète ; forme de haricot peu marquée ; laesura : 3/4 de l'axe longitudinal ; exine couverte de tubérosités irrégulières et rugueuses, serrées ; tubérosités : 4-8 µ de large, 1,5-2 µ de haut ; taille : 43-60 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Kimméridgien (rare).

Source : MNHN, Paris

POLYPODIISPORITES Potonié sp. 2 = *MV 2.*
Pl. 25, fig. 3-4.

Description • Spore monolète à la forme de haricot plus ou moins marquée ; laesura : 3/4 de l'axe longitudinal ; exine : 1,5 à 2,5 μ sculpture comprise ; exine couverte de verrues très plates de 2 μ de large environ, formant en coupe optique un reticulum négatif ; taille : 28-48 μ/55-72 μ.

Répartition • Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

VERRUCATOSPORITES (Thomson et Pflug) Potonié sp. 1 = *MV 1.*
Pl. 25, fig. 5 et 7.

Description • Spores monolètes à face distale bombée et proximale plane ; laesura assez courte et bordée sur certaines formes d'un épaississement de l'exine ; exine constituée d'un accolement de verrues de 2,5 à 4,5 μ de large et hautes de 2,5 à 3,5 μ ; taille : 40-43 μ/56-67 μ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Ces formes sahariennes sont rangées dans le genre *Verrucatosporites* en raison de la taille importante des verrues.

Spore monolète à rugulae = *MU 7.*
Pl. 25, fig. 6.

Description • Spore monolète à face distale très convexe et proximale plane ; laesura longue ; exine très épaisse parcourue de muri très larges (6 à 10 μ) et plats, parallèles à l'axe longitudinal, séparés par des canaux de 3 à 5 μ ; présence de verrues de 2 à 5 μ ; taille : 72 μ/115 μ.

Répartition • Deux spécimens dans le Callovo-Kimméridgien-Oxfordien.

Rapports et différences • Différente de *Schizea papuana* Cookson (1957, Pl. 8, fig. 8-12) qui montre des alignements de grosses verrues proéminentes.

XVI. — LES SPORES D'APPARTENANCE SYSTÉMATIQUE INCERTAINE : SSP

Elles ne seront pas décrites d'une manière détaillée parce qu'elles correspondent toutes exactement à des espèces parfaitement définies et figurées. Elles sont identiques aux figurations des holotypes.

CAMEROSPORITES SECATUS Leschik = *SSP 5.*

E. Leschik 1955, p. 40, Taf. 5, fig. 11-13.
H. Biard 1963, Pl. 8, fig. 1-6.

Répartition • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Province septentrionale et Extrême-Sud tunisien : Trias argilo-carbonaté à intervalle d^2-a^2. Gassi-Touil et Province centrale : Trias argilo-gréseux inférieur à repère a^2.

Source : MNHN, Paris

ELATEROSPORITES KLASZI (Jardiné et Magloire) Jardiné = *SSP 2.*

S. Jardiné 1967, Pl. 2, fig. H, M.

Répartition • Holotype : Albien moyen (?) - Cénomien d'Afrique occidentale ; Sahara : Cénomanien.

ELATEROSPORITES CASTELLAINI Jardiné et Magloire = *SSP 8.*

S. Jardiné et Magloire 1965, Pl. 6, fig. 7.
S. Jardiné 1967, Pl. 1, fig. L, M, N.

Répartition • Holotype : Cénomanien supérieur du Sénégal ; Sahara : Aptien-Cénomanien.

SENEGALOSPORITES COSTATUS Jardiné et Magloire = *SSP 1.*

S. Jardiné et L. Magloire 1965, Pl. 5, fig. 1.
S. Jardiné 1967, Pl. 3, fig. N, O.

Répartition • Holotype : Cénomanien supérieur ; Sahara : rare à l'Albien.

XVII. — LES POLLENS INAPERTURÉS NON ZONÉS

A. — Classification.

Dans le Jurassique et le Crétacé inférieur du Sahara existent de grandes quantités de pollens inaperturés souvent difficiles à classer par l'observation en microscopie photonique. La systématique établie sur les seuls caractères observables par ce moyen est en effet très confuse en raison du fait que les auteurs ont tenu compte, pour établir les diagnoses génériques, de différentes hiérarchies des caractères. Les uns considèrent comme le caractère primordial la dimension, d'autres la forme, d'autres l'épaisseur de l'exine, d'autres la sculpture apparente en microscopie photonique, d'autres enfin l'éventuelle aperture (monoporés). De ce fait, les diagnoses génériques se superposent au moins partiellement rendant très délicate l'attribution d'une forme à tel ou tel genre morphographique.

Afin de chercher à clarifier l'importance botanique des divers caractères chez ces pollens inaperturés (appartenant pour la majorité à des Gymnospermes fossiles), j'ai observé au microscope électronique à balayage, d'une part toute une série de pollens appartenant à toutes les familles actuelles de Gymnospermes, d'autre part des espèces dispersées dans les sédiments mésozoïques sahariens et attribuables en microscopie photonique aux genres morphographiques les plus courants et quantitativement les plus importants. Cette comparaison m'a conduit à mettre en pratique dans le présent travail une classification moins artificielle des pollens dispersés.

Je rappellerai donc d'abord la nomenclature en microscopie photonique telle qu'elle est la plus généralement admise dans la bibliographie actuelle. Puis j'énumérerai les principales constatations résultant de l'observation en microscopie à balayage des pollens de Gymnospermes actuelles. Ensuite, je montrerai les principaux types de sculpture observés sur les pollens dispersés du Mésozoïque et leurs relations avec les caractères structuraux. Ceci m'amènera à exposer la possibilité d'une classification « para-naturelle » des pollens inaperturés basée sur leur observation en microscopie électronique à balayage et à proposer une nomenclature nouvelle.

Cette classification est subordonnée à une connaissance extrêmement précise des sculptures de l'exine. Les termes employés pour la description de ces surfaces complexes ont été définis dans une

Source : MNHN, Paris

précédente publication (Y. Reyre 1968, a) dans laquelle sont figurés les différents types de sculpture à l'aide de microphotographies et de schémas descriptifs. Cette publication doit être consultée avant la lecture de ce paragraphe.

1. — *La classification habituelle des pollens inaperturés en microscopie photonique.*

Je ne m'étendrai pas ici sur l'étude historique et critique des définitions génériques ni sur l'acception de ces genres telle qu'elle apparaît à l'usage dans la bibliographie. Je me contenterai d'en donner un résumé sous forme de tableau en spécifiant toutefois les auteurs originaux ou bien les auteurs d'amendement ainsi que, dans certains cas, l'acception généralisée du genre (dont le nom sera alors suivi des abréviations *s.l.*), lorsque, par habitude, cette acception est devenue différente de celle de la diagnose.

Pollens de grande taille (plus de 45 μ).

— exine lisse peu plissée.....	*Inaperturopollenites s.l.*
plissée.....	*Laricoïdites* Potonié, Thomson et Thiergart 1950.
très plissée.....	*Psophosphaera* (Naumova 1950) Potonié 1956.
— exine finement granuleuse.....	*Inaperturopollenites s.l.*
— exine fortement granuleuse.....	*Araucariacites* Cookson 1947.

Pollens de petite taille (jusqu'à 40-45 μ).

— aletes (sans aperture) :	
plissés à exine lisse.....	*Inaperturopollenites* (Pflug 1952 ex Thomson et Pflug 1953) Potonié 1956.
plissés à exine granuleuse	indésignables.
non plissés ou lenticulaires granuleux ou lisses.....	*Sphaeripollenites* (Couper 1958) Jansonius 1962.
— monoporés (ou pseudomonoporés) granuleux ou non.....	*Sphaeripollenites* (Couper 1958) Burger 1966.

Pollens de forme ellipsoïdale (et munis de rayures fines ou plis parallèles à l'axe polaire du grain) ..... *Leioaletes* Staplin 1960. ou *Podozamites* Bolchovitina.

Ces genres palynologiques basés principalement sur la considération des formes et des tailles ou sur la sculpture telle qu'elle apparaît en microscopie photonique sont, pour la plupart, artificiels sous l'angle de l'appartenance botanique des espèces qu'ils réunissent. Ce caractère artificiel de la nomenclature actuelle est nettement perçu par l'observation de la sculpture en microscopie électronique. J'ai montré (Y. Reyre 1968) comment trois espèces du genre de forme *Sphaeripollinites* Couper 1958 pouvaient être, d'après la sculpture, attribuées à trois taxons botaniques différents, dont deux étaient assimilables à des familles botaniques actuelles. Avant d'approfondir cette question, je voudrais rappeler quelques constatations faites sur les pollens de Gymnospermes actuelles.

Source : MNHN, Paris

2. — *Observation des pollens de Gymnospermes actuelles au microscope électronique à balayage.*

J'ai déjà abordé ce sujet (C. R. Acad. Sci. Paris, ser. D, p. 160-162) ; je rappelle brièvement les principaux résultats. Quatre sortes de dispositions de la sculpture de l'exine sont distinguables (Y. Reyre 1968 a, tableau 1, p. 202) : sculptures simple, composée, double et crépie. A l'intérieur de chacune de ces dispositions, on peut discerner plusieurs types élémentaires de sculpture selon la nature des éléments constituants. Ceux-ci permettent en général de caractériser palynologiquement un groupe de genres de la même famille, voire un groupe d'espèces du même genre ; de plus, lorsqu'on fait appel à des mesures dimensionnelles et quantitatives des éléments de sculpture, on peut en général caractériser une espèce précise. Nous devons donc être guidés par ces considérations dans la définition des espèces dispersées. Enfin, il apparaît, dans l'état actuel des connaissances, que dans chaque famille de Gymnospermes les espèces présentent un même type de sculpture et que certaines familles ont un type de sculpture particulier.

fl faut noter d'autre part un fait observable chez les Araucariacées actuelles. *Araucaria bidwellii* Hook par exemple, a un pollen dont l'exine fine se plisse facilement C.R. Acad. Sci Pl. If, fig. 4) alors que celui de l'*Auracaria brasiliensis* Rich ne se plisse pas ou peu en raison, semble-t-il, d'une exine fortement structurée (Y. Reyre 1968 a, Pl. 1f, fig. 5) ; le premier a d'ailleurs l'allure d'un sac originellement sphérique tandis que le second est lenticulaire. Nous verrons ci-dessous que ce pbénomène est également observé chez les pollens fossiles mais dans le cas présent il revêt une importance particulière parce qu'il s'agit d'espéces appartenant avec certitude au même genre botanique. Ainsi, tandis que la forme générale et l'épaisseur de l'exine varient dans un même genre, la sculpture de l'exine reste du même type et ce caractére apparaît alors d'une importance primordiale pour l'identification des pollens fossiles dispersés et leur classement dans une nomenclature para-botanique.

3. — *Príncipe d'une systématique « para-naturelle » des pollens inaperturés dispersés (microscopie électronique á balayage).*

L'observation des pollens inaperturés du Mésozoïque sabarien révèle une assez grande diversité de sculptures, mais celles-ci ne sont pas liées à un type particulier de structure générale du grain. Ce fait a déjà été observé sur les pollens de Gymnospermes actuelles. Ainsi, l'apparence générale du grain de pollen inaperturé, directement liée à sa forme, globulaire ou lenticulaire, et à la rigidité et l'épaisseur de son exine (pollens plissés ou non plissés) ne semble pas devoir être utilisée en priorité pour établir une systématique « para-naturelle » conçue de maniére à regrouper les espèces palynologiques selon leur appartenance probable à des taxons paléobotaniques voisins. Au contraire, si l'on en juge par les résultats provenant des pollens inaperturés actuels, la sculpture externe de l'exine serait un caractère primordial pour l'établissement d'une systématique « para-naturelle ». Toutefois, ce caractère ne peut être pris en compte exclusivement : certains groupes de pollens dont la structure générale commune est si particuliére qu'elle implique une provenance probable également commune, montrent pourtant une évidente variabilité de la sculpture (*Classopollis, Zonalapollenites*). De ce fait, la systématique para-naturelle des pollens inaperturés fossiles ne peut résulter que d'un compromis entre, d'une part les caractères sculpturaux observés en microscopie à balayage, d'autre part les caractères de structure générale. Le principe adopté est le suivant : lorsqu'un pollen inaperturé a une sculpture évoquant celle observée dans une des familles actuelles, il est rangé dans nn genre morphologique nouveau évoquant la famille considérée. Lorsque sa sculpture n'est caractéristique d'aucune famille actuelle, il est attribué à un morphogenre classiquement admis.

Remarque.

L'interprétation des sculptures telles qu'elles se présentent sur les grains fossiles extraits des sédiments après des traitements mécaniques et chimiques violents est parfois délicate. Certaines sculptures sont partiellement ou totalement détruites. Par exemple, telle sculpture simple à boules peut se réduire à quelques boules éparses sur une surface lisse ou à peine rugueuse. Pour mesurer la densité des éléments de sculpture, il faut choisir les plages où ils sont le plus contigus ou rapprochés. L'interprétation de la sculpture originelle reste parfois impossible.

Source : MNHN, Paris

4. — *Les genres nouveaux.*

Trois nouveaux morphogenres fondés sur les caractéres de la sculpture et évoquant la provenance botanique probable sont crées et les diagnoses en sont présentées ci-dessous.

TAXACITES NOV. GEN.

DIAGNOSE • pollens non zonés inaperturés ou monoporés (le pore pouvant se réduire à une dépression circulaire) ou muni d'une scissure dont l'exine a une sculpture simple verruqueuse, mamelonnée ou à boule, généralement de densité forte. Les éléments de sculpture peuvent être fortement solidaires ou non de l'exine et dans le deuxième cas, ils reposent sur une surface lisse ou faiblement rugueuse. La taille est souvent petite et la forme lenticulaire mais les formes sphériques plissées ou non, ou celles de grande taille, ne sont pas exclues. Espèce-type : *Taxacites sahariensis.*

TAXACITES SAHARIENSIS NOV. SP.
Pl. 27, fig. 3-7.

DIAGNOSE • Pollen inaperturé de contour arrondi, plus ou moins lenticulaire, avec présence éventuelle d'un pseudopore (anneau d'exine amincie) ; exine fine (moins de 1 μ) et peu plissée.

Sculpture : simple, isomorphe, presque isométrique, à boules ; boules de dimension 0,9-11 μ ; densité : $1/\mu^2$ dans les zones de sculpture conservée ; surface de base lisse à faiblement raboteuse.

Taille : 20 (25) 34 μ.

LOCUS TYPICUS • Sondage Sb 1 (Extrême-Sud tunisien), 1 040 m (Callovo-Oxfordien-Kimméridgien), échantillon conservé au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cent spécimens observés en microscopie photonique ; 38 spécimens observés en microscopie électronique à balayage.

HOLOTYPE • Pl. 27, fig. 6-7.

DESCRIPTION • Les grains sont originellement sphériques et aplatis secondairement ; l'exine claire ne montre pas d'intrastructure nette ; les glomérules apparaissant avec une densité très variable à la surface des grains, il convient d'en mesurer la densité sur les zones de conservation privilégiées.

REMARQUE.

Cette forme est choisie comme espèce-type du genre en raison de sa ressemblance avec les pollens de *Taxus* ou de *Torreya* actuels ; il existe d'autres formes qui n'ont pas été érigées en espéces en raison du fait qu'elles n'ont pas été trouvées en quantité suffisante dans un même échantillon.

CUPRESSACITES NOV. GEN.

DIAGNOSE • pollens non zonés dont la sculpture de l'exine est double. Le support basal est hétéromorphe ou isomorphe à mamelons, boules ou verrues ; la couche supérieure est constituée de glomérules dispersées. Généralement de taille petite à moyenne, le grain peut être sphérique plissé ou très plissé ou bien lenticulaire. Le grain peut être aléte ou muni d'une aperture : pore, marque trilète ou scissure. Espèce-type : *Cupressacites oxycedroïdes.*

Source : MNHN, Paris

CUPRESSACITES OXYCEDROÏDES NOV. SP.

Pl. 29, fig. 4-6 ; Pl. 30, fig. 1-5.

DIAGNOSE • Pollen inaperturé ou muni d'un pore véritable ou d'une petite marque trilète ; exine fine (0,5 μ) parfois plissée.

Sculpture double hétéromorphe, hétérométrique à mamelons et boules et glomérules. Mamelons et boules : dimension 0,1-0,25 μ ; densité moyenne : 23/μ². Glomérules : dimension 0,7-0,8 μ ; densité moyenne : 2/μ².

Taille : 22-24) 34 μ.

LOCUS TYPICUS • Sondage Sn 1 (Extrême-Sud tunisien), 885 m (Callovo-Oxfordien-Kimméridgien). Échantillon conservé au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cent spécimens observés en microscopie photonique ; 20 en microscopie électronique à balayage.

HOLOTYPE • Pl. 29, fig. 5-6.

DESCRIPTION • Les grains ne sont pas lenticulaires mais sphériques et assez souvent munis de peits plus n'affectant pas la forme générale ; les glomérules sont plus ou moins denses. Espèce choisie comme espèce-type du genre en raison de sa sculpture voisine de celle des actuelles Cupressacées.

ARAUCARIAPOLLENITES NOV. GEN.

DIAGNOSE • pollens inaperturés non zonés lenticulaires ou sphériques, plissés ou non, dont l'exine a une sculpture crépie ; l'apparence crépie est due soit à des éléments autonomes superposés soit à des sortes de gemmules à tête verruqueuse ou en forme de boule, serrées et de hauteur différente.

Espèce-type : *Araucariapollenites laffittei*.

ARAUCARIAPOLLENITES LAFFITTEI NOV. SP.

Pl. 35, fig. 1-4.

DIAGNOSE • pollen inaperturé lenticulaire de contour rond et montrant parfois une zone circulaire topographiquement déprimée mais ne correspondant pas à une *zona* due à un corps central ; exine épaisse de 1 μ à 1,5 μ sculpture comprise, peu plissée.

Sculpture crépie isomorphe, hétérométrique à gemmules à tête verruqueuse ; hauteur des gemmules : 0,6-0,8 μ ; verrues : diamètre 0,3 (0,4) 0,6 μ ; densité moyenne : 4/μ².

Taille : 50 (80) 95 μ.

LOCUS TYPICUS • Sondage Sb 1 (Extrême-Sud tunisien), 1 280 m (partie supérieure du Bathonien). Conservée au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cent spécimens observés en microscopie photonique ; 22 spécimens en microscopie électronique à balayage.

HOLOTYPE • Pl. 35, fig. 3-4.

DESCRIPTION • L'exine de ces pollens paraît assez rigide de sorte que, très souvent, ces pollens sont cassés ou mal conservés mais la sculpture y est reconnaissable, même en microscopie photonique.

Cette espèce-type du genre a une sculpture voisine de celle des pollens d'*Araucaria araucana* Moore.

5. — Les autres pollens inaperturés.

Par sculptures particulières il faut entendre celles qui ne sont caractéristiques d'aucun des trois genres créés ci-dessus. Les formes dispersées présentant de telles sculptures ont été attribuées, d'après leurs caractères morphologiques généraux à l'un des genres de la classification en microscopie photo-

Source : MNHN, Paris

nique. Pour cela, les deux genres les plus importants, *Inaperturopollenites* Pflug 1952 et *Sphaeripollenites* Couper 1958 sont acceptés dans un sens qui, d'une part enregistre les acceptions actuellement les plus répandues dans la bibliographie, d'autre part les rend compatibles avec la classification basée sur la sculpture de l'exine telle qu'elle apparaît en microscopie électronique.

— Acception réservée au genre *Inaperturopollenites* Pflug 1952 :

Pollen inaperturé non zoné sphérique, en forme de sac plus ou moins plissé, ou même lenticulaire (à l'exception, dans ce dernier cas, des pollens de taille inférieure à 45 μ), de taille petite à grande, pouvant montrer parfois des plis concentriques ou des ondulations marginales faibles. L'exine est lisse ou pourvue d'une sculpture différente de celles caractérisant les genres *Taxacites*, *Cupressacites* et *Araucariapollenites* ou non précisée. Ce genre groupera donc principalement les grands pollens à l'exine plissée. Rappelons que l'espèce-type est *Inaperturopollenites dubius* Thomson et Pflug 1953.

Remarque.

Il faudrait naturellement observer au microscope électronique à balayage que l'holotype a une sculpture d'affinité botanique inconnue mais ceci est en pratique difficile à réaliser.

— Acception réservée au genre *Sphaeripollenites* Couper 1958 :

Pollens inaperturés, monoporés ou munis d'une scissure généralement lenticulaire et à l'exine assez épaisse (non plissés), de taille inférieure à 40 μ et dont l'exine a une sculpture lisse ou très peu accusée, différente de celles caractérisant les genres *Taxacites*, *Cupressacites* et *Araucariapollenites* ou non précisée. Ce genre groupera donc principalement les petits pollens à l'exine non plissée. Rappelons que l'espèce-type est *Sphaeripollenites scabratus* Couper 1958, mais notons bien cependant que des pollens attribuables en microscopie optique à *Sphaeripollenites scabratus* Couper ont révélé au microscope électronique à balayage une sculpture crépie (Y. Reyre 1968 b, Pl. 1, fig. 4 et 5).

Remarques.

a. — Il va de soi que les formes qui n'ont pas été observées en microscopie électronique ne peuvent être rangées que dans des genres reconnaissables également en seule microscopie photonique. Les deux genres ci-dessus sont les plus employés et les plus acceptables quand la sculpture de l'exine observée en seule microscopie photonique est « non précisée ».

b. — Le genre *Araucariacites* Cookson n'est pas employé dans le présent travail parce qu'il désigne tous les pollens d'apparence granuleuse en microscopie photonique ; or, nous le verrons au cours de la description des formes sahariennes mésozoïques, de tels pollens n'ont pas tous une sculpture crépie voisine de celle des Araucariacées actuelles ; en particulier, la sculpture de type ecbinulé est assez répandue.

c. — Dans l'étude du Mésozoïque saharien, les pollens inapertunés non zonés (*aletes*) ont été classés en quatre groupes selon la taille (petits et grands) et selon l'apparence (lisse ou grenue) en microscopie photonique.

B. — Les formes et les espèces.

1. *Les pollens inaperturés petits à l'exine lisse en microscopie photonique* = IPL.

INAPERTUROPOLLENITES Potonié sp. 1 = *IPL 9.*
Pl. 28, fig. 3.

Description • Pollen originellement sphérique parfois plissé d'une manière concentrique ; exine claire de 1 μ montrant une intraponctuation lâche et nette ; taille : 28 μ.

Répartition • Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) à Cénomanien.

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ce pollen ressemble par la structure de l'exine à la forme désignée *Sphaeripollenites scabratus* par Couper 1958, Pl. 31, fig. 14 (*non* fig. 12-13), mais l'exine est moins épaisse.

cf. A. INAPERTUROPOLLENITES DUBIUS PFLUG = *IPL 1.*

Pl. 26, fig. 1-5.

P. Thomson et H. Pflug 1953, Taf. 5, fig. 1-13.
R. A. Couper 1958, Pl. 31, fig. 4-8 : *Sphaeripollenites psilatus.*

DESCRIPTION • Pollen inaperturé originellement sphérique, très plissé ; exine très fine et limpide. Sculpture simple isomorphe, hétérométrique, rugueuse à grumeleuse ; rugosités ou grumeaux : 0,1-0,4 μ de large ; 0,1-0,2 μ de haut ; densité moyenne : 10/μ². Taille : 20-30 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Tertiaire d'Europe Centrale ; Wealdien et Crétacé inférieur de Grande-Bretagne ; Sahara : Niveau a^2 — B (Lias inférieur ?)-Barrémien.

RAPPORTS ET DIPPÉRENCES • Il s'agit de petits pollens sans signification stratigraphique ; les formes plissées d'une manière concentrique (Pl. 26, fig. 4 et 5) sont les seules présentes dans le Salifère principal du Sahara (Trias supérieur-Lias inférieur).

cf. B. SPHAERIPOLLENITES ELPHINSTONEI JANSONIUS = *IPL 6.*

Pl. 26, fig. 6-9.

J. Jansonius 1962, Pl. 16, fig. 5-7.

DESCRIPTION • Pollen rond et plus ou moins lenticulaire, souvent muni d'une fente dans le plan de symétrie bilatérale de 8 à 16 μ de long ; exine épaisse de 1 μ et très nettement infraponctuée : il s'agit d'une sculpture interne de l'exine, isomorphe, hétérométrique, crépie à boules de 0,3 à 0,6 μ (fig. 6). Sculpture externe pratiquement absente ou faiblement grumeleuse (fig. 6). Taille : 22-29 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Trias inférieur du Canada ; Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) à partie supérieure du Lias-Dogger inférieur (Bajocien ?).

RAPPORTS ET DIPPÉRENCES • Cette espèce se différencie d'autres pollens fendus tels que *Sphaeripollenites balmei* Jansonius ou *Inaperturopollenites hiatus* Potonié par la sculpture interne de l'exine très particulière.

cf. C. SPHAERIPOLLENITES SCABRATUS COUPER = *IPL 5.*

Pl. 26, fig. 10-13.

R. A. Couper 1958, Pl. 31, fig. 12-13 (*non* fig. 14).
Non D. Burger 1966, Pl. 37, fig. 3.

DESCRIPTION • Pollen rond peu plissé et de forme plus ou moins lenticulaire ou conchoïdale : exine de 1 μ environ ; en microscopie photonique, l'exine paraît légèrement scabre, mais ne montre qu'une très faible intraponctuation. Sculpture simple isomorphe, presque isodiamétrique, mamelonnée ; mamelons 2 μ environ de large et 0,5 à 1 μ de haut ; densité moyenne : 16/μ². Taille : 21-24 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Jurassique moyen-Crétacé inférieur de Grande-Bretagne ; Sahara : Niveau B (Sinémurien ?)-Néocomien.

Source : MNHN, Paris

Rapports et différences • Les formes sahariennes ne sont jamais en tétrades et ne montrent ni différenciation interne réticulée comme *S. scabratus in* D. Burger 1966, ni pseudopore comme les pollens du genre *Exesipollenites* Balme. Enfin, elles sont en général plus petites que l'holotype (30 µ). Il est possible que la sculpture originelle ait disparu et que l'on n'observe ici que la couche basale de l'exine.

SPHAERIPOLLENITES HIATUS Potonié = *IPL 10.*
Pl. 26, fig. 14.

P. Thomson et H. Pflug 1953, Taf. 5, fig. 14-20.
J. Jansonius 1962, Pl. 16, fig. 9-10 : *Sphaeripollenites balmei.*

Description • Pollen de contour rond et muni d'une fente atteignant le centre de chacune des faces ; exine de 1 µ environ, peu plissée et lisse en microscopie photonique, ne montrant pas d'intra-ponctuation nette. Taille : 25-30 µ.

Répartition • Holotype : Tertiaire d'Europe Centrale ; Trias du Canada ; Sahara : Bathonien-Néocomien.

Rapports et différences • En raison de son exine, peu plissée et de son allure lenticulaire, cette espèce a été rangée dans le genre *Sphaeripollenites.*

2. — *Les pollens inaperturés petits à l'exine paraissant granuleuse en microscopie photonique = IPG.*

TAXACITES SAHARIENSIS n. sp. = *IPG 7.*

Description • Voir ci-dessus Pl. 27, fig. 3-7 (espèce-type du genre *Taxacites*).

Répartition • Niveau B (Sinémurien ?)-Néocomien.

INAPERTUROPOLLENITES sp. 2 = *IPG 1.*
Pl. 28, fig. 1-2, 8.

Description • Pollen inaperturé originellement sphérique, plissé et souvent plié ; exine de 1,5 µ. Sculpture de l'exine très particulière rappelant la sculpture crépie ; présence de verrues de 0,5 à 0,8 µ et de rugules atteignant 2 µ de long sur 0,6 µ de large. Taille : 26-39 µ.

Répartition • Sahara : Lias-Dogger inférieur.

ARAUCARIAPOLLENITES LIASICUS nov. sp. = *IPG 6.*
Pl. 28, fig. 4-7.

Diagnose • Pollen rond, exine épaisse de 2 (2,5) 3 µ ; sculpture crépie isomorphe hétérométrique à glomérules ; glomérules de dimension 3,5 (4,5) 5,5 µ ; densité moyenne 4/µ². Taille : 32 (36) 55 µ.

Locus typicus • Sondage DB 1 (Extrême-Sud tunisien), 756 m, Lias-Dogger inférieur (probablement Lias moyen). Cent spécimens observés en microscopie photonique ; 16 en microscopie électronique à balayage ; conservés au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris.

Holotype • Pl. 28, fig. 5, 6, 7.

Source : MNHN, Paris

DESCRIPTION • La disposition conchoïdale est à l'origine de deux artefacts possibles en microscopie photonique : ou bien ces pollens paraissent pliés dans une partie du pourtour équatorial ; ou bien une zone centrale circulaire évoque un « pseudopore ».

RÉPARTITION • Sahara : Trias gréseux — Salifère principal ; très abondant dans la partie inférieure du Lias-Dogger inférieur.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Araucariacites hungaricus* Deak offre la même variation de taille mais cette espèce décrite dans l'Aptien a l'exine nettement plus fine.

ARAUCARIAPOLLENITES HUNGARICUS (Deak) nov. comb. = *IPG 21.*

Pl. 29, fig. 1-3.

M. Deak 1964, Pl. 9-10, fig. 64-65, 69-73 : *Araucariacites hungaricus.*

DESCRIPTION • Pollen inaperturé sphérique souvent aplati et replié ; exine très fine (moins de 1 μ). Sculpture crépie isomorphe hétérométrique à gemmules (dont la partie terminale renflée tend vers la boule ou le glomérule ; boules : dimension 0,2 (0,6) 0,9 μ ; densité moyenne : 2,5/μ². Taille : 40-58 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Aptien de Hongrie ; Sahara : Barrémien-Albien.

CUPRESSACITES OXYCEDROÏDES n. sp. = *IPG 8.*

Pl. 29, fig. 4-6 ; Pl. 30, fig. 1-5.

DESCRIPTION • Voir ci-dessus (espèce-type du genre *Cupressacites*).

RÉPARTITION • Sahara : Lias-Dogger inférieur-Néocomien.

CUPRESSACITES sp. 1 = *IPG 13.*

Pl. 30, fig. 6-7.

DESCRIPTION • Pollen de forme ellipsoïdale, souvent en diade, muni d'une fente longitudinale longue (3/4 de l'axe longitudinal) ; exine de 1 μ environ, granuleuse ; sculpture double hétéromorphe, hétérométrique à boules et glomérules, identique à celle de *C. oxycedroïdes.* Taille : 30 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Niveau B (Sinémurien ?)-Batbonien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Malgré l'identité de sculpture, ces grains ont une forme différente de celle de *C. oxycedroïdes* et une répartition stratigraphique différente.

CUPRESSACITES sp. 2 = *IPG 12.*

Pl. 30, fig. 8-9.

DESCRIPTION • Pollen inaperturé originellement sphérique, très plissé ; exine fine (0,5-1 μ) ; sculpture double, hétéromorphe, hétérométrique à mamelons et glomérules ; mamelons : dimension 1-2 μ, densité moyenne 18/μ² ; glomérules : 9-11 μ. Taille : 25-30 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Lias-Dogger inférieur.

Source : MNHN, Paris

		1PG POLLENS		INAPERTURES		PETITS			GRANULEUX					
NBRE INDIVIDUS 2672		NBRE ESPECES 11												
CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	21	T	1	22	25	6	8	23	26	12	15
18	SENONIEN	70	14	100										
16	TURONIEN													
14	CENOMANIEN	3	1											
13	ALBO VRACONIEN													
12	ALBIEN		3	33		66								
11	APTIEN (SUP)		3	100										
10	BARREMIEN(APTO)	3	11	45			36	18						
9A	TAOURATINE INF.													
9	JUR.SUP. -NEOC.	33	1158	2	52		17		1	26				
8	CAL-KIM(PORTL)	1	3							100				
7A	CAL-KIM(PORTL)	4	142	5	28	2	1		T	54				
7	CAL-KIM													
6	BATHONIEN 2	5	98		32				5	61		1		
5A	BATHONIEN													
5	BATHONIEN 1	17	184		5				2	80			8	2
4J	LIAS-DOGGER	23	6		33	33			33					
4F		50	2							100				
4E		14	86							97			1	
4D		T	3		33					66				
4I														
4C		33	246			5			17	67	2		6	
3A	LIAS-DOG.OCCD.	50	46		65					34				
4B		36	142						2	91			4	
4A		36	88		3	1			6	88				
3	NIVEAU B	20	85		7	11			12	63			4	
2	SAL.PAL. A2-B	14	220		1	3			88	4			1	
1K	SAL.PAL.INFR-A2	11	4							100				
1E	SAL.PAL. D2-A2	4	45						100					
1D	SAL.PAL.INFR-D2	8	33						100					
1N	TRIAS GRESEUX													
11			T						100					
1C		1	3						100					
1M														
1B		1	23						100					
1Q			2						100					
1F			3						100					
1A			11						100					

TABLEAU IV. 3. — Répartition stratigraphique quantitative des pollens inaperturés granuleux petits.

3. — *Les pollens inaperturés grands à l'exine paraissant lisse en microscopie photonique = IGL.*

LEIOALETES STAPLIN sp. 1 = *IGL 3.*
Pl. 31, fig. 1.

DESCRIPTION • Pollen inaperturé de forme ellipsoïdale, à peu près deux fois plus long que large ; exine lisse de 1-1,5 μ ; plis ou fines fentes longitudinales (4 à 6 μ). Taille : 35-60 μ environ.

RÉPARTITION • Sahara : Barrémien-Cénomanien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Leioaletes undatus* Bolchovitina est de très grande taille (plus de 100 μ).

Source : MNHN, Paris

cf. INAPERTUROPOLLENITES = IGL 8.

Pl. 31, fig. 6-7.

DESCRIPTION • Organisme rond à paroi très fine (1 µ ou moins) et de forme conchoïdale ; exine faiblement raboteuse presque lisse. Taille : 45-50 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Aptien-Albien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Cet organisme est vraisemblablement un pollen à l'exine très fine et limpide.

cf. B. INAPERTUROPOLLENITES GIGANTEUS GOCZAN = *IGL 10.*

Pl. 31, fig. 2-5.

F. Góczán 1964, Pl. 5, fig. 1.

DESCRIPTION • Pollen de contour arrondi à l'exine épaisse (3 µ) et largement plissée ; en microscopie photonique, la coupe optique montre un intrareticulum net. Sculpture de type très particulier, simple, isomorphe, cérébroïde, à vermicules plus ou moins longs et sinueux ; vermicules : largeur 0,2-0,5 µ ; longueur de la ligne sinueuse : 0,6-2,6 µ. Taille : 55-85 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Aptien de Hongrie ; Jurassique supérieur d'Aquitaine ; Aptien d'Israël ; Sahara : Néocomien-Albien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • *Laricoïdites magnus* Potonié a une taille très comparable (50-100 µ *in* Thomson et Pflug 1953) mais le caractère épais de l'exine n'est pas spécifié dans cette espèce toujours signalée au Tertiaire. Au contraire, Goczan décrit *I. giganteus* avec une exine largement plissée intraponctuée et épaisse de 2 µ, donc d'une épaisseur proche de celle des formes sahariennes.

ARAUCARIAPOLLENITES PSEUDOAUSTRALIS nov. sp. = *IGL 9.*

Pl. 32, fig. 1-6.

DIAGNOSE • Pollen important de contour arrondi, peut être originellement sphérique mais secondairement aplati et plissé ; exine de 1 µ et intraponctuée ; sculpture crépie isomorphe, bétérométrique, à grains qui ne sont ni des verrues ni des boules ; grains : dimension 0,2 (0,4) 0,5 µ ; densité 8/µ² ; la vue tangentielle de l'exine (Pl. 32, fig. 4, fig. 6) montre une ligne aux reliefs très peu accusés, d'où ne dépassent que la partie supérieure de certains grains plus ou moins anguleux. Taille : 50 (62) 72 µ.

LOCUS TYPICUS • Sondage DB 1 (Extrême-Sud tunisien) 239 m, partie supérieure du « Bathonien » ; échantillon conservé au Laboratoire de Géologie du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Cent spécimens observés en microscopie photonique, 20 en microscopie électronique à balayage.

HOLOTYPE • Microscopie photonique : Pl. 32, fig. 1 ; microscopie électronique à balayage : Pl. 32, fig. 5-6.

DESCRIPTION • En microscopie photonique, le contour de ces pollens apparaît faiblement micro-ondulé, tandis que l'intérieur de la surface circulaire est microponctuée ; le premier phénomène s'explique par la nature de la sculpture, le second est peut-être dû à une intrastructure mais il est probable qu'il ne s'agisse que de la coupe optique des grains de sculpture.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION • Ce type de pollen est très abondant dans tout le Jurassique et Crétacé inférieur. La connaissance de la répartition exacte de l'espèce *A. pseudo-australis* nécessiterait son étude en microscopie électronique à tous les niveaux. Dans l'état actuel des observations il apparaît que le Lias moyen et supérieur contient en fait une forme différente de l'holotype car la taille moyenne est plus petite (40-55 μ) et la sculpture est moins typiquement crépie est à verrues rugueuses. Dans les niveaux crétacés inférieurs ont été observés les grains de plus grande taille. En microscopie photonique, tous ces grains ont fait l'objet d'un comptage commun (Lias inférieur-Aptien).

IGL POLLENS INAPERTURES GRANDS LISSES

NBRE INDIVIDUS 804 NBRE ESPECES 11

CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	3	10	8	9	17	21	13	15	16	0	1
I8	SENONINIEN													
16	TURONIEN													
14	CENOMANIEN	9	3	100										
13	ALBO VRACONIEN	21	7		100									
12	ALBIEN		8	50	12	25	12							
11	APTIEN (SUP)	3	11		18	9	72							
10	BARREMIEN(APTO)	3	11	81			18							
9A	TAOURATINE INF.													
9	JUR.SUP. -NEOC.	2	78	2			64	20	11					
8	CAL-KIM(PORTL)	18	30				90	6						
7A	CAL-KIM(PORTL)	7	239				93	2			1			
7	CAL-KIM	15	17				100							
6	BATHONIEN 2	6	135	12			85							
5A	BATHONIEN	35	7				71	28						
5	BATHONIEN 1	7	80	5			91	3						
4J	LIAS-DOGGER	34	9							100				
4F		50	2							100				
4E		3	19				100							
4D		22	9			22	77							
4I		58	50							100				
4C		1	8	12			50	12		25				
3A	LIAS-OOG.OCCD.													
4B		3	14	7			35	14		42				
4A		7	17				5			88		5		
3	NIVEAU 8	9	38	5			31	15		44			2	
2	SAL.PAL. A2-8		10				10	50		40				
IK	SAL.PAL.INFR-A2													
IE	SAL.PAL. D2-A2													
IO	SAL.PAL.INFR-D2													
IN	TRIAS GRESEUX													
I1														
IC														
IM														
I8			2									50		50
IQ														
IF														
IA														

TABLEAU IV. 4. — Répartition stratigraphique quantitative des pollens inaperturés lisses grands.

Source : MNHN, Paris

cf. LARICOÏDITES DESQUAMATUS Goubin = *IGL 17.*
Pl. 33, fig. 1-2 et 6-8.

N. Goubin 1965, Pl. 7, fig. 4.

Description • Pollen originellement sphérique, très plissé ; exine translucide et fine (1 μ au moins) très souple et souvent gondolée. Sculpture simple isomorphe, à peu près isométrique, bosselée ; dimension des bosses : 0,2-0,3 μ de large et 0,1 de haut dans les plus petits grains ; 0,7 μ de large et 0,2 μ de haut dans les grains de grande taille ; densité : $9/\mu^2$ dans les petits grains et $2,5/\mu^2$ dans les grands. Taille : 42-78 μ.

Répartition • Sahara : Niveau B (Sinémurien ?) à partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes rangées dans ce groupe englobent peut-être deux espèces affines mais les grandes formes localisées dans la partie inférieure et moyenne du Lias-Dogger inférieur correspondent bien à l'espèce *L. desquamatus*.

ARAUCARIAPOLLENITES sp. 1 = *IGL 13.*
Pl. 33, fig. 3-5.

Description • Pollen inaperturé peut être originellement sphérique mais secondairement aplati et plissé ou plié ; exine très fine (moins de 0,5 μ) et translucide : contour du grain microondulé et surface paraissant très finement ponctuée ; sculpture d'apparence crépie isomorphe, à peu près isométrique, à boules ; dimension des boules : 0,2-0,3 μ ; densité moyenne : $11/\mu^2$. Les éléments de sculpture sont très serrés de sorte que leur nature est difficile à préciser ; certains paraissent être des boules, d'autres des mamelons. Taille : 50 (62) 70 μ.

Répartition • Sahara : Intervalle a^2 — B (Lias inférieur ?) à partie supérieure du Lias-Dogger inférieur : abondant dans la partie moyenne du Lias-Dogger inférieur.

Rapports et différences • L'apparence crépie de la sculpture est indéniable mais il est possible qu'il ne s'agisse que d'une seule couche. Cette disposition est voisine de celle observée chez l'actuel *Araucaria bidwellii* Hook. Les spécimens n'ont pas été rencontrés suffisamment nombreux dans un seul échantillon pour autoriser la création d'une espèce nouvelle.

4. — *Les pollens inaperturés grands à l'exine paraissant granuleuse ou ponctuée en microscopie photonique = IGP.*

INAPERTUROPOLLENITES cf. *ARAUCARIACITES AUSTRALIS* Cookson = *IGP 2.*
Pl. 34, fig. 1-3.

I. Cookson 194?, Pl. 13, fig. 1-4.

Description • Pollen inaperturé de forme discoïdale au contour nettement circulaire en général peu plissé malgré une exine fine (1 μ) et granuleuse. Sculpture simple isomorphe, isométrique, hérissée de bâtonnets plus ou moins effilés au bout non pointu (« echinate ») ; dimension des bâtonnets : 0,25 μ de large à la base, 0,5-0,6 μ de haut. Taille : 50-70 μ.

Répartition • Sahara : Bathonien à Barrémien (plus deux spécimens trouvés à l'Albien). Israël : Valanginien probable.

Source : MNHN, Paris

Rapports et différences • Ces formes sabariennes sont conférées à l'espèce *Araucariapollenites australis* Cookson en raison de l'exine fine, de l'apparence granuleuse en microscopie photonique, de la taille comparable ; toutefois par la présence de plis péripbériques et d'une dépression concentrique (Pl. 37, fig. 2), ces formes rappellent aussi *Inaperturopollenites limbatus* Balme dont l'auteur dit que l'exine est très épaisse, ce qui ne se voit pas sur la figuration (Balme 1957, Pl. 7, fig. 84). La sculpture échinulée n'a pas jusqu'à présent été signalée dans les pollens d'Araucariacées actuelles. Cette forme est de ce fait rangée dans le genre *Inaperturopollenites*.

cf. B. INAPERTUROPOLLENITES ATLANTICUS J. Groot, J. Penny et C. Groot = *IPG 9.*
Pl. 34, fig. 4.

J. Groot, J. Penny et C. Groot, 1961, Pl. 24, fig. 18.

Description • Pollen inaperturé en forme de sac au contour irrégulier avec de nombreux plis ; exine fine, claire et fortement scabre. Taille : 60-65 µ.

Répartition • Holotype : Cénomanien (?) d'Alabama (U.S.A.) ; Israël : Barrémien probable ; Sahara : Barrémien-Albien.

Rapports et différences • En microscopie photonique, l'exine de ces formes est très nettement plus scabre que celle des formes désignées *Araucariapollenites* sp. 1.

ARAUCARIAPOLLENITES LAFFITTEI n. sp. = *IPG 6.*
Pl. 35, fig. 1-4.

Description • Voir ci-dessus (espèce-type du genre *Araucariapollenites*).

Répartition • Lias moyen-partie inférieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (répartition quantitative établie en microscopie photonique).

INAPERTUROPOLLENITES sp. 3 = *IPG 3.*
Pl. 35, fig. 5-6.

Description • Pollen inaperturé en forme de sac plissé ; exine fine et claire nettement granuleuse en microscopie pbotonique ; sculpture simple, isomorphe, isométrique, lâchement hérissée de bâtonnets simples (« echinate ») ; dimension des bâtonnets : 1,3-1,7 µ de haut et 0,5-0,7 µ de large. Taille : 95 µ environ.

Répartition • Sabara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

Rapports et différences • La seule espèce comparable par la sculpture telle qu'elle apparaît en microscopie pbotonique serait *Araucariacites guyanensis* Van der Hammen et Burger, 1966, Pl. 4, fig. 18, mais cette espèce est décrite dans le Crétacé inférieur de Guyane.

INAPERTUROPOLLENITES sp. 4 = *IPG 18.*
Fig. IV. 20 a.

Description • Pollen inaperturé rond, exine épaisse de 2 µ environ et couverte de bosses très plates et de largeur basale variable de 1 à 2,5 µ et très espacées. Tailles : 43 µ.

Répartition • Sahara : Callovo-Kimméridgien-Oxfordien (rare).

Source : MNHN, Paris

1GP POLLENS 1NAPERTURES GRANDS GRANULEUX

NBRE 1ND1V1DUS 465 NBRE ESPECES 16

CODE	1NTERV STRAT.	S/T.	S.	2	9	15	6	3	5	7	10	12	18	20	19	1	11	17	14
18	SENONIN1EN																		
16	TURONIEN																		
14	CENOMANIEN																		
13	ALBO VRACONIEN																		
12	ALBIEN		4	50	25	25													
11	APTIEN (SUP)																		
10	BARREMIEN(APTO)	1	6	83	16														
9A	TAOURA†INE 1NF.																		
9	JUR.SUp. -NEOC.	1	51	96	1		1												
8	CAL-K1M(PORTL)	6	10	100															
7A	CAL-KIM(PORTL)	1	60	48			10	6	5	13	X	6	5	3					
7	CAL-KIM	6	7	100															
6	BATHON1EN 2	6	118	27	17		49			2									
5A	BATHONIEN																		
5	BATHON1EN 1	4	46	15			73			2						8			
4J	L1AS-DOGGER	7	2				100												
4F																			
4E		1	9				44										55		
4D																			
41		2	2				100												
4C		12	94				12	2		42	21	1					18		
3A	L1AS-DOG.OCCO.	1	1				100												
4B		1	4				50										50		
4A		2	7				14								42		42		
3	N1VEAU B	1	8				25				25						50		
2	SAL.PAL. A2-B	2	35														20	80	
1K	SAL.PAL.1NFR-A2																		
1E	SAL.PAL. D2-A2																		
1D	SAL.PAL.1NFR-D2																		
1N	TR1AS GRESEUX																		
11																			
1C																			
1M																			
1B			1																100
1Q																			
1F																			
1A																			

TABLEAU 1V. 5. — Répartition stratigraphique quantitative des pollens inaperturés granuleux grands.

Source . MNHN, Paris

ARAUCARIAPOLLENITES sp. 2 = *IPG 17.*
Pl. 34, fig. 5-6.

DESCRIPTION • Pollen inaperturé en forme de sac plié et froissé ; épaisseur de l'exine difficile à déterminer en raison de la densité de sculpture ; une couche fine est tapissée d'une sculpture crépie, épaisseur totale : moins de 1 μ. Sculpture crépie, isomorphe, hétérodiamétrique à boules autonomes ; dimension des boules : 0,25-0,55 μ ; densité moyenne : 5/μ² ; certaines boules semblent parfaitement sphériques, d'autres montrent de nombreux microconi de 0,01 μ mais ne sont pas des glomérules ; densité moyenne : 5/μ². Taille : 40-70 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Lias-Dogger inférieur (sans le Niveau B).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ces formes ont une sculpture voisine, bien que plus hétérométrique et disposée en une couche moins dense, de celle de *A. rigidus* ; toutefois leur forme de sac plié et leur exine nettement plus fine en fait vraisemblablement une espèce particulière.

INAPERTUROPOLLENITES sp. 5 = *IGP 19.*
Fig. IV. 20 b.

DESCRIPTION • Pollen inaperturé sphérique et plissé ; épaisseur de l'exine difficile à déterminer en raison de la sculpture exceptionnellement dense et forte ; sculpture simple, isomorphe, isométrique, hérissée des aiguilles de 3 μ de haut et 1 μ de largeur basale. Taille : 45 μ.

RÉPARTITION • Sahara : partie inférieure du Lias-Dogger inférieur (rare).

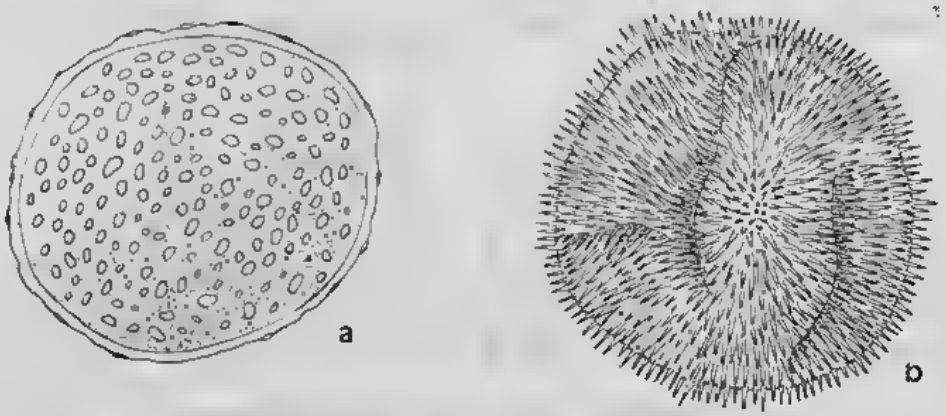


FIG. IV. 20. — a *Inaperturopollenites* (Pflug) Potonié *sp.* 4 (IPG 18) ;
b *Inaperturopollenites* (Pflug) Potonié *sp.* 5 (IPG 19).

XVIII. — LES POLLENS INAPERTURÉS ZONÉS = *IZ*

A. — LES GENRES.

Dans ce groupe, sont rangés tous les pollens montrant une zonation structurale due, soit à des simples plis concentriques (*aletes*), soit à la présence d'une vésicule plus ou moins importante et nette (*Monosaccites aletesacciti*). Bien qu'appartenant à deux *subturma* différents de la classification de

Source : MNHN, Paris

R. Potonié, ces pollens constituent un groupe morphologique où tous les termes de passage existent depuis les premières formes aux secondes. La classification et la nomenclature adoptées sont les suivantes :

a. — Pollens inaperturés à plis ou structures concentriques mais sans vésicule individualisée : *Inaperturopollenites* Pflug *s. l.*

b. — Pollens inaperturés à vésicule équatoriale mono ou triloculaire plus ou moins nette et affectée de plis radiaux : les premiers pollens de ce type ont été décrits dans le Jurassique d'Australie par Balme (1957) et rangés dans le genre *Zonalapollenites* Pflug *in* Thomson et Pflug 1953. Ce genre peut être considéré à la fois comme non valide et superflu car aucune espèce-type n'est désignée et que les espèces qui ont été créées en même temps que le genre sont en fait attribuables au genre *Tsugaepollenites* Potonié et Venitz 1934. Pour nombre d'auteurs *Zonalapollenites* est en fait un synonyme de *Tsugaepollenites*. Parmi ces auteurs, certains groupent dans le même genre aussi bien les pollens du type *Z. dampieri* Balme que ceux du type *T. mesozoïcus* Couper ; c'est le point de vue de M. Dettmann et de Tralau (1968) qui adoptent pour tous ces pollens le genre *Tsugaepollenites* ; d'autres les séparent et désignent un genre pour le premier type de pollen : *Callialasporites* Dev 1961 ou bien *Pflugipollenites* Pocock 1962.

Dans le présent travail, j'ai considéré que les deux types de pollens doivent être rangés dans des genres distincts. Ceux du deuxième type (à vésicules multiples totalement englobantes) sont classés dans le genre *Tsugaepollenites*. Pour le premier type, je considère que l'habitude a fini par donner au genre *Zonalapollenites* une acception différente de la brève diagnose de P Thomson et H. Pflug, c'est celle qui ressort de la considération d'espèces fort répandues telles que *Z. diamperi*, *Z. trilobatus* et *Z. segmentatus*. *Zonalapollenites s. l.* est donc le genre le plus anciennement admis pour désigner les pollens à vésicule équatoriale uniloculaire.

Les synonymies proposées sont donc les suivantes :

Zonalapollenites Pflug
= *Callialapollenites* Dev 1961.
= *Pflugipollenites* Pocock 1962.

Tsugaepollenites Potonié et Venitz 1934.
= *Cerebropollenites* Nilsson 1958.

B. — Les formes et les espèces.

cf. A. INAPERTUROPOLLENITES TURBATUS Balme = *IZ 6.*

Pl. 36, fig. 1-3.

B. E. Balme 1957, Pl. 7, fig. 85-86 ; Pl. 8, fig. 87.

Description • Pollen inaperturé de contour arrondi et irrégulier ; en microscopie photonique, une zone irrégulièrement circulaire sombre entoure une zone centrale amincie ; vu en microscopie électronique à balayage, le grain a une forme conchoïdale, un anneau externe paraissant constituer une vésicule ; il est possible que la zone circulaire sombre résulte de l'insertion de la vésicule sur la partie centrale ; exine ponctuée et fine (moins de 1 µ dans la zone externe) ; sculpture simple, isomorphe, isométrique, densément hérissée d'aiguilles (« echinulate ») ; dimension des aiguilles : 0,25 µ de haut et 0,12 µ de largeur basale ; densité moyenne : 30/µ². Taille : 70-80 µ.

Répartition • Holotype : Jurassique inférieur d'Australie ; Israël : Crétacé inférieur ; Sahara : Callovien-Cénomanien.

Rapports et différences • L'espèce se différencie de tous les autres pollens inaperturés zonés par l'anneau irrégulièrement circulaire sombre ; les espèces à vésicules nettes telles que *Zona-*

Source : MNHN, Paris

lapollenites trilobatus Balme ont également une partie sombre au niveau de l'attache de la vésicule ; cette identité confirme l'apparence en microscopie électronique de la présence d'une vésicule périphérique de sorte que, selon la nomenclature ici adoptée, ces formes seraient à classer dans le genre *Tsugaepollenites*.

cf. B. INAPERTUROPOLLENITES LIMBATUS Balme = *IZ 10.*
Pl. 36, fig. 5-8.

B. E. Balme 1957, Pl. 7, fig. 83-84.
M. Deak 1962, Pl. 12, fig. 11.

Description • Pollen inaperturé aplati paraissant zoné en raison de la constitution de paroi en deux couches très fines (moins de 1 µ) ; en raison du décollement de la couche externe un anneau de 3 µ de large entoure le grain dans le plan équatorial ; cette couche externe peut être plissée d'une manière concentrique. Sculpture très rugueuse d'un type particulier : la partie externe de l'exine est constituée d'éléments irréguliers allongés anguleux ou pointus ; dimension des éléments : environ 0,5 µ de haut et 0,25 µ de large ; densité moyenne en vue verticale (90°) : 14/µ². Taille 50-72 µ.

Répartition • Holotype : Mésozoïque d'Australie sans précision ; Israël : Hauterivien-Barrémien ; Sahara : partie supérieure du Jurassique supérieur-Néocomien à Albien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont plus proches de celles de l'Aptien de Hongrie (Deak 1962) que de l'holotype sur lequel on distingue mal la paroi en deux couches. La zone centrale entourée de plis curvilignes ou rectilignes (Pl. 36, fig. 6 et 7) correspond vraisemblablement à celle où la partie externe se détache de la partie interne pour former une enveloppe-vésicule. La forme Pl. 36, fig. 5, avait été précédemment attribuée à l'espèce *L. patellaeformis* Weyland et Greifeld (Y. Reyre 1964).

cf. B. INAPERTUROPOLLENITES UNDULATUS Weylann et Greipeln = *IZ 16.*
Pl. 37, fig. 1, 3-4.

H. Weyland et G. Greifeld 1953, Taf. 13, fig. 90 (non fig. 89).
M. Deak 1962, Pl. 12, fig. 10 (non fig. 13).

Description • Pollen inaperturé aplati de contour très arrondi ; autour d'une zone centrale plane, une zone large ondulée radialement, correspondant vraisemhlahlement à une enveloppe-vésicule ; exine très fine (moins de 1 µ). Sculpture simple, isomorphe, isométrique hérissée de bâtonnets effilés souples très denses ; dimension des hâtonnets : 0,6 µ de haut et 0,2 µ de largeur basale ; densité moyenne : 16/µ². Taille : 50-65 µ.

Répartition • Israël : Valanginien-Barrémien ; Sahara : Jurassique supérieur-Alhien (rare).

Rapports et nippérences • Deak attribue une forme voisine à *Inaperturopollenites undulatus* Weyland et Greifeld ; en fait, les formes sahariennes sont plus grandes et ne montrent pas nettement de corps central entouré d'un anneau ondulé, se distinguant ainsi des formes ici attribuées à *Zonalapollenites dampieri* Balme. De plus, si le pourtour est ondulé, il n'est pas intensément plissoté comme dans l'espèce *Zonalapollenites segmentatus* Balme.

ZONALAPOLLENITES sp. 1 = *IZ 14.*
Pl. 37, fig. 5.

Description • Pollen inaperturé zoné aplati et arrondi en vue polaire ; un corps central sombre est entouré d'un anneau clair de 3 µ de large correspondant vraisemhlahlement à une enveloppe-vésicule ; exine très fine. Taille : 40 µ environ.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION • Sahara : Bathonien à Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ces formes se distinguent de *Inaperturopollenites undulatus* Weyland et Greifeld, et de *Zonalapollenites dampieri* Balme par l'absence d'ondulations périphériques.

ZONALAPOLLENITES sp. 2 = *IZ 18.*

Pl. 37, fig. 2, 6-8.

DESCRIPTION • Pollens arrondis à triangulaires arrondis en vue polaire et de contour irrégulier ; certaines formes montrent une marque trilète vestigiale (?) : Pl. 37, fig. 2 ; d'autres ont des plis délimitant un triangle central, plis qui correspondent à l'attache d'une sorte de vésicule plus ou moins trilobée : Pl. 37, fig. 6, 7 ; tous les termes de passage entre ces formes existent ; exine : moins de 1 µ. Sculpture simple, raboteuse, isomorphe, hétérométrique à bosses verruqueuses très denses ; dimension des éléments de sculpture : 0,3-0,4 µ de large et 0,15 µ de haut ; densité moyenne : 7/µ². Taille : 38-54 µ.

RÉPARTITION • Sahara : intervalle d^2 — a^2 à partie inférieure du Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Sont rangées dans ce groupe, des formes montrant tous les termes de passage entre l'espèce *Inaperturopollenites undulatus* Weyland et Greifeld et *Zonalopollenites trilobatus* Balme. En fait, cet ensemble a une répartition stratigraphique identique à celle de *Z. trilobatus* de petite taille qui d'ailleurs a une sculpture de l'exine très voisine ; elles n'en sont distinguées que pour des raisons structurales.

cf. B. ZONALAPOLLENITES TRILOBATUS BALME (formes de petite taille) = *IZ 21.*

Pl. 37, fig. 9 ; Pl. 40, fig. 1-3.

B. E. Balme 1957, Pl. 8, fig. 91-92.

DIAGNOSE • Pollen dont tous les caractères observables en microscopie photonique sont ceux de l'espèce *Z. trilobatus*, mais dont la taille est très nettement inférieure et varie de 35 à 60 µ. Sculpture simple, raboteuse, isomorphe, hétérométrique à rugosités ; dimension des rugosités : 0,1 à 0,2 µ de large.

RÉPARTITION • Sahara : Intervalle a^2 — d^2 à partie inférieure du Jurassique supérieur-Néocomien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • La sculpture de l'exine est très voisine de celle de certaines formes désignées *Tsugaepollenites* sp. 1 et de celle de certaines formes attribuées à *Zonalapollenites dampieri* Balme ; elle est différente de celle, de type echinulé, de certaines formes de *Zonalapollenites trilobatus* Balme (*non forma minor*).

ZONALAPOLLENITES TRIANGULARIS (Levet-Carette) nov. comb. = *IZ 25.*

Pl. 38, fig. 1-3.

J. Levet-Carette 1964, Pl. 4, fig. 22-24.

E. Tralau 1968, Pl. 11, fig. 1 (l'explication de la planche II, p. 154, n'est pas en accord avec le texte p. 96 qui est ici considéré comme erroné).

DESCRIPTION • Pollen apparemment inaperturé de contour circulaire ; trois vésicules sont délimitées par un triangle central équilatéral et inscrit dans le cercle ; les vésicules restent en continuation aux sommets du triangle ; exine : 1 µ. Taille : 70-75 µ. Sculpture simple, raboteuse à aspérités de 0,1 à 0,2 µ.

Source : MNHN, Paris

Répartition • Holotype : Lias du Nord de la France ; Jurassique moyen de Suède ; Sahara : Intervalle a^2 — B à Jurassique supérieur (très rare dans l'intervalle a^2 — B et au Lias-Dogger inférieur).

cf. B. ZONALAPOLLENITES DAMPIERI Balme = *IZ 2.*

Pl. 38, fig. 4-7.

B. E. Balme 1957, Pl. 8, fig. 88-90.

Description • Pollen inaperturé zoné de contour circulaire sinueux ; un corps central arrondi net et sombre est entouré d'un anneau clair ondulé irrégulièrement et correspondant à une enveloppe-vésicule ; exine de la vésicule : 1 µ environ. Sculpture simple, raboteuse, d'apparence crêpie, à mamelons verruqueux de 0,2 à 0,35 µ de large ; densité moyenne : $6/\mu^2$. Taille : 50-70 µ.

Répartition • Holotype : Oxfordien d'Australie ; Sahara : Lias-Dogger inférieur (au-dessus du Niveau B) à Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et différences • Dans ce groupe ont été classées des formes assez grandes dont le corps central est petit par rapport au diamètre total (Pl. 38, fig. 4) et qui, bien que rares, sont celles qui dominent dans le Lias-Dogger inférieur, celles correspondant à *Z. dampieri* d'une manière typique étant dominantes au-dessus du Batbonien. Enfin, la sculpture de l'exine de ces dernières est très voisine de celles de certaines formes attribuées à *Z. segmentatus* Balme (Pl. 39, fig. 3, 5). Tous les termes de passage existent en fait entre le type *Inaperturopollenites undulatus* Weyland et Greifeld, et les *Zonalapollenites dampieri* et *segmentatus* Balme.

cf. C. ZONALAPOLLENITES LUCIDUS (Pocock) nov. comb. = *IZ 12.*

Pl. 39, fig. 1, 7.

S. J. Pocock 1962, Pl. 12, fig. 185 : *Pfugipollenites lucidus.*

Description • Pollen inaperturé zoné à l'exine fine et translucide ; un corps central triangulaire arrondi, plus ou moins net, est entouré d'une vésicule parfois resserrée en deux ou trois lobes ; exine nettement ponctuée et claire en microscopie photonique, largeur de la zone : 7-13 µ. Taille : 66-75 µ.

Répartition • Holotype : Jurassique supérieur du Canada ; Sahara : Anhydrite et dolomie supérieure (Bajocien ?) à Kimméridgien.

Rapports et différences • Dans ce groupe ont été classés les pollens zonés à exine translucide, fine et nettement ponctuée parmi lesquels s'observent des formes de passage à l'espèce *Zonalapollenites trilobatus* Balme. L'holotype a une zona plus large et très peu ponctuée.

ZONALAPOLLENITES sp. 3 = *IZ 5.*

Pl. 39, fig. 2.

Description • Pollen inaperturé zoné circulaire à l'exine claire, pratiquement lisse et relativement épaisse (plus de 1 µ) ; un corps central arrondi est suggéré par une ligne circulaire plus ou moins visible, largeur de la zone : 4-8 µ. Taille : 60 µ environ.

Répartition • Sahara : Lias-Dogger inférieur (au-dessus du Niveau B : Sinémurien ?) à Bathonien.

Source : MNHN, Paris

Rapports et différences • L'aspect général est très voisin de celui de certaines formes attribuées à *Pflugipollenites lucidus* Pocock, la forte épaisseur de l'exine non ponctuée restant le seul caractère différent.

cf. B. ZONALAPOLLENITES SEGMENTATUS Balme = *IZ 15.*

Pl. 39, fig. 3-6.

B. E. Balme 1957, Pl. 9, fig. 93-94.

Description • Pollen inaperturé circulaire zoné ; le corps central n'est pas nettement défini mais la périphérie est constituée d'une vésicule très plissée d'allure cérébroïde ; il faut noter que si la zone tout à fait externe n'est que largement sinueuse et claire, la zone circulaire plus interne est sombre et très plissotée. Taille : 40-55 μ.

Répartition du groupe photonique • Holotype : Jurassique inférieur d'Australie ; Sahara : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Rapports et dippérences • En microscopie photonique, l'espéce n'est pas clairement délimitée avec *Inaperturopollenites dampieri* Balme. En microscopie électronique à balayage, le pollen apparaît de forme conchoïdale, ce qui explique la zone centrale claire observée en microscopie photonique lorsque la mise au point est faite sur l'anneau plissoté. La sculpture est au moins de deux types :

— simple raboteuse d'apparence crépie à mamelons verruqueux trés denses (Pl. 39, fig. 5) ; dimension des éléments : 0,2 à 0,5 μ de large et 0,2 à 0,3 μ de haut ; densité moyenne : 6/μ².

— simple hérissé d'aiguilles (« echinate ») de 0,5 μ de baut et 0,15 μ de large (Pl. 39, fig. 6).

Il s'agit manifestement de deux espèces.

cf. A. ZONALAPOLLENITES TRILOBATUS Balme (formes de grande taille) = *IZ 24.*

Pl. 40, fig. 4-6.

B. E. Balme 1957, Pl. 8, fig. 91-92.

Description • Pollen constitué d'un corps central triangulaire aux côtés droits ou convexes dont chaque côté est flanqué d'une vésicule autonome ; les angles du triangle ne sont jamais inclus dans une vésicule ; exine de 1 μ. Sculpture observée sur un seul grain du Jurassique supérieur-Néocomien : simple hérissé d'épines peu pointues, à base trés large et peu rigides (souvent recourbées donnant ainsi latéralement un aspect de mamelon) ; dimension des épines : 0,2-0,3 μ de largeur basale et 0,5 μ de haut. Taille : 70-82 μ.

Répartition du groupe photonique • Holotype : Oxfordien d'Australie ; Crétacé inférieur d'Israël ; Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

XIX. — LES POLLENOSPORES À PÉRINE = IP

Il s'agit de formes possédant un corps central inaperturé totalement entouré d'une paroi fine plus ou moins plissée (et non d'une zona plus ou moins équatoriale).

Source : MNHN, Paris

A. — Les genres.

Le genre *Enzonalasporites* (Leschik) Schulz 1967 désigne des pollens dont le corps central est entouré d'un *velum* fortement adhérent, en quelque sorte noué (ou presque réticulé précise Schulz), pollens pouvant atteindre une grosseur de 40 µ (= *Zonalasporites* Leschik 1955 *pro parte*).

B. — Les formes et les espèces.

cf. C. ENZONALASPORITES VIGENS Leschik = *IP 2.*

Pl. 41, fig. 2.

G. Leschik 1956, Taf. 5, fig. 24.

Description • Pollen de petite taille (environ 20 µ) avec un corps central sombre et un velum très adhérent faisant en coupe optique un anneau clair ne dépassant pas 2 µ.

Répartition • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Trias gréseux inférieur-Intervalle a^2 — B.

Rapports et différences • Taille nettement plus petite que celle citée par Leschik (36 × 38 µ).

cf. B. ENZONALASPORITES TENUIS Leschik = *IP 3.*

Pl. 41, fig. 3-4.

G. Leschik 1956, Taf. 6, fig. 1.

Description • Pollen à corps central rond et sombre totalement entouré d'un velum clair de 3,5 à 4 µ de large, très plissé et très adhérent. Taille : 27-32 µ.

Répartition • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Trias gréseux inférieur-Intervalle a^2 — B.

Rapports et différences • La taille est légèrement plus petite que celle indiquée par Leschik et le corps central nettement plus opaque que celui de l'holotype.

cf. ? TSUGAEPOLLENITES Potonié et Venitz = *IP L.*

Pl. 41, fig. 1.

Description • Organisme constitué d'un corps central entouré d'une enveloppe adhérent lâchement en lignes sinueuses délimitant des vésicules de 10 µ environ. Taille : 50 µ environ.

Répartition • Sahara : Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

XX. — LES POLLENS À DEUX BALLONNETS (DISACCITES) = DIS

A. — Généralités.

L'étude et la détermination de ces pollens sont très délicates pour plusieurs raisons :
— leurs formes et leurs structures sont très compliquées ;

Source : MNHN, Paris

— fragiles et déformables, ils sont souvent pliés ou tordus lorsqu'ils sont extraits des sédiments.
— La variabilité des caractères est énorme.

Pour ces raisons naturelles toutes les classifications des Disaccites fossiles proposés sont très difficiles à utiliser. De nombreux genres morphographiques ont été créés sans précision de la hiérarchie des caractères de sorte qu'une revue critique de ces genres est une tâche trop ardue en particulier pour les Disaccites non striatiti. Cette complexité est en relation avec le fait que la morphologie de ces pollens n'a qu'une très faible signification botanique, du moins en ce qui concerne les fossiles secondaires. J. Townrow (1962) a étudié les pollens *in situ* de Conifères et de Ptéridospermées du Trias et du Jurassique ; il conclut (p. 40) qu'aucun caractère ne paraît avoir une valeur expressive au niveau de la famille ou de l'ordre et qu'une classification naturelle de ces pollens serait trop difficile à formuler. Toutefois, il précise qu'il existe un caractère constant au niveau du genre : l'aire de germination selon qu'elle est un *colpus* ou une *leptoma*, et que les espèces peuvent être séparées en utilisant des caractères tels que le contour du corps central, la taille, l'insertion des sacs. Toutefois, les tableaux établis par J. Townrow (p. 14, fig. 1 et p. 16, fig. 2) montrent que la taille du corps central varie du simple au double, de même que la largeur totale ou la hauteur des ballonnets. Enfin, J. Townrow établit (p. 14, fig. 1) la liste de tous les caractères mesurables utiles. Ceux-ci sont indiqués sur la figure IV. 21.

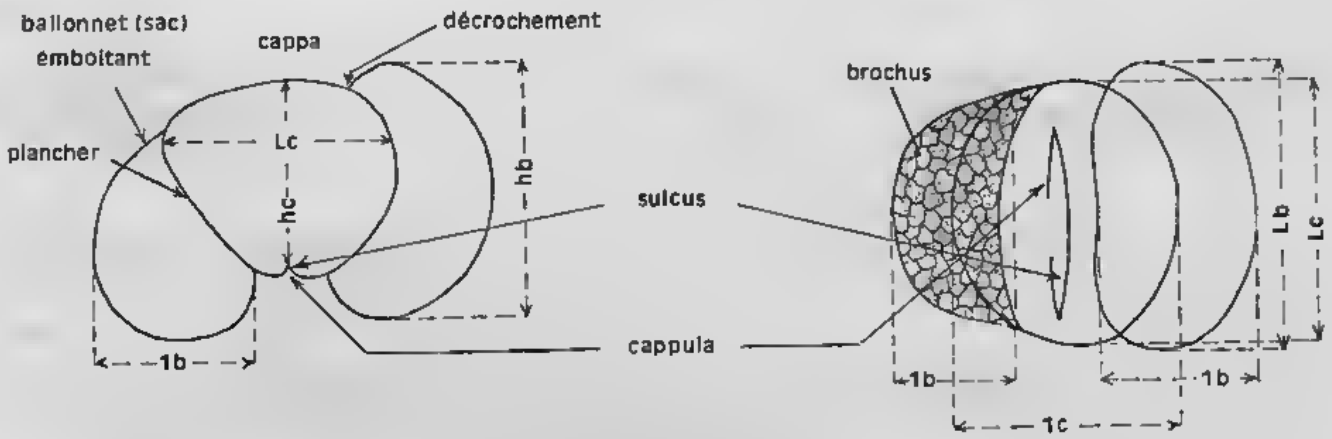


Fig. IV. 21. — Caractères morphologiques mesurables des pollens Disaccites servant à les décrire et à les distinguer en vue latérale et en vue distale.

B. — Les formes et les espèces.

DISACCITES I = DIS 23.

Pl. 41, fig. 5.

Description • Pollen bi-ailé avec un corps central (1c : 50 µ, hc : 35 µ) trapézoïdal en vue latérale constitué d'une paroi lisse et sombre formant des plis invaginés ; cappa et cappula sont recouvertes d'ectexine adhérente et plissotée (2 µ), ballonnets emboitants (1b : 35 µ ; hc : 45 µ ; cappula : 15 µ environ ; reticulum très grand : 2 à 8 µ). Plus grande dimension totale : 100-110 µ.

Répartition • Sahara : Callovien-Néocomien (un spécimen dans l'Albo-Vraconien).

Source : MNHN, Paris

cf. C. CEDRIPITES CRETACEUS Pocock = *DIS 24.*
Pl. 41, fig. 6-9.

S. J. Pocock 1962, Pl. 9, fig. 145 (*non* fig. 146).
G. Norris 1967, Pl. 15, fig. 5.

Description • Pollen bi-ailé avec un corps central ovale en vue latérale (lc : 33 µ, 1c : 35 µ, hc : 26 µ), à paroi lisse ou peu chagrinée ; ballonnets emboitants avec un léger décrochement (lb : 20 µ, hb : 20 µ ; cappula : 12 µ) cappa peu épaisse ; reticulum visible sur les seuls ballonnets (1 à 2 µ). Plus grande dimension totale : 46-55 µ.

Répartition • Holotype : Néocomien du Canada ; Albien du Canada ; Sahara : Albien et Albo-Vraconien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont nettement plus petites que celles de la population-type (plus de 175 µ).

DISACCITES 2 = *DIS 18.*
Pl. 41, fig. 7-8.

Description • Pollen bi-ailé de petite taille ; corps central ovoïde (Lc : 25 µ, 1c : 30-33 µ, hc : 23-26 µ) ; ballonnets emboitants (lb : 15-20 µ, Lb : 20 µ, cappula : 3-5 µ) ; en vue polaire les ballonnets dessinent un ovale presque parfait ; plus grande dimension totale : 32-42 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Néocomien.

Rapports et différences • *P. antartica* Cookson 1947, Pl. 13, fig. 12-15 est une espèce dont les formes à deux ballonnets sont très ressemblantes en taille et en dimension.

cf. C. CEDRIPITES CANADENSIS Pocock = *DIS 22.*
Pl. 41, fig. 10.

S. J. Pocock 1962, Pl. 9, fig. 140-141.

Description • Pollen bi-ailé au corps central arrondi (35 µ) et dont les ballonnets très emboitants sont en forme de haricot en vue polaire distale (1b : 20 µ, Lb : 32 µ), cappula : 12-15 µ ; cappa très épaisse ; apparence totalement réticulée (1-2 µ). Plus grande dimension totale : 58 µ.

Répartition • Holotype : Néocomien du Canada ; Sahara : Bathonien-Néocomien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont nettement plus petites que celle de la population-type.

cf. B. PODOCARPIDITES ELLIPTICA Cookson = *DIS 20.*
Pl. 41, fig. 11.

I. Cookson 1947, Pl. 13, fig. 5-7.
J. Townrow 1962, p. 20, fig. 3 = pollen de *Caytonanthus oncodes* Harris.

Description • Pollen bi-ailé dont le corps central est de forme arrondie en vue polaire (38-40 µ) ; sacs nettement plus longs que larges et nettement plus larges que le corps central (Lb : 46 µ, 1b : 28 µ ; cappula limitée par deux lignes parallèles : 14-16 µ). Les sacs ne sont pas globuleux

Source : MNHN, Paris

mais aplatis et dépassent nettement le corps central en longueur ; cappa et ballonnets sont ornés d'un reticulum à larges brochi (2-4 μ). Plus grande dimension totale : 65 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Tertiaire des Iles Kerguelen ; Sahara : Bathonien-Kimméridgien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont deux fois plus grandes que les pollens du macrofossile *Caytonanthus oncodes* Harris trouvé dans le Bajocien d'Angleterre et décrit par J. Townrow, mais la forme est très comparable.

cf. B. SCOPULISPORITES TORALIS LESCHIK = *DIS 11.*

Pl. 42, fig. 1.

G. Leschik 1955, Taf. 10, fig. 1-3.

DESCRIPTION • Pollen bi-ailé au corps central légèrement ovale en vue polaire, plus haut que large (Lc : 34-36 μ, 1c : 28-30 μ), ballonnets hémispbériques de longueur à peu près égale à celle du corps central délimitant une cappula par deux lignes légèrement convexes (Lb : 35 μ ; 1b : 15-18 μ, cappula : 17-19 μ) ; reticulum des ballonnets atteignant 4 μ. Plus grande dimension totale : 55 μ.

RÉPARTITION • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Argilo-grèseux supérieur du Gassi-Touil à partie inférieure du Lias-Dogger inférieur (Lias moyen ?).

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont plus petites que l'holotype. D'après Leschik ce pollen est semblable à celui du macrofossile *Pteruchus papillatus* Thownrow.

DISACCITE 3 = DIS 14.

Pl. 42, fig. 2-3.

DESCRIPTION • Pollen bi-ailé au corps central ovale, plus ou moins rectangulaire en vue polaire (Lc : 40 μ, 1c : 30 μ) ; ballonnets petits, allongés et en position distale (Lb : 35 μ, 1b : 20 μ, cappula : 30 μ) ; le corps a une exine très fine et claire, les ballonnets un très petit reticulum. Plus grande dimension totale : 60 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Intervalle a^2 — B (rare).

cf. B. POLLEN DE PTERUCHUS DUBIUS THOMAS.

Pl. 42, fig. 4-6.

J. Townrow 1962, p. 29, fig. 5 : pollen de *Pteruchus dubius* Thomas.

DESCRIPTION • Vue polaire (Pl. 42, fig. 5) : pollen bi-ailé de contour ovale ; le corps central apparaît ovale plus long que large (Lc : 55-65 μ, 1c : 45-55 μ ; Lb : 55-65 μ ; 1b : 30-35 μ, cappula à bords parallèles de 10-12 μ) ; les ballonnets sont hémisphériques et l'attache distale est nette et disposée comme celle observée figurée *in* Townrow 1962, p. 29, fig. 5a.

En vue latérale longitudinale (Pl. 42, fig. 4), le corps central est rectangulaire-trapézoïdal ; le fond des ballonnets est rectiligne, la cappa est convexe et épaisse de 1,5 μ.

En vue latérale transversale, corps central oval ; ballonnets munis d'un reticulum à brochi de dimension variable de 1 à 2 μ, organisés radialement près de l'attache. Plus grande dimension totale : 75-90 μ.

RÉPARTITION • La Ptéridospermée *Pteruchus africanus* Thomas est trouvée dans le Trias moyen d'Afrique du Sud ; Extrême-Sud tunisien : argilo-carbonaté à Intervalle d^2 — a^2 ; Gassi-Touil : argilo-grèseux supérieur à Intervalle a^2 — base du sel massif.

Source : MNHN, Paris

Rapports et différences • *Alisporites australis* De Jersey est une espèce de forme voisine décrite dans le Trias moyen et supérieur d'Australie et selon l'auteur, très comparable au pollen de la Pteridospermée *Pteruchus africanus* Thomas : elle se caractérise par la présence d'un colpus (sensu Townrow 1962). Par contre, Couper figure un grain de pollen de *P. africanus* in situ sans colpus (Couper 1958, Pl. 26, fig. 9).

Dans les comptages, la forme voisine désignée par Biard *Disaccites* sp. 2 (H. Biard 1963, Pl. 15, fig. 7-9) a été codifiée DIS 7, elle est signalée jusque dans l'Intervalle a^2 — B.

cf. A OVALIPOLLIS BREVIFORMIS Krutzsch = *DIS 30.*

Pl. 42 fig. 7-8.

W. Krutzsch 1955, Taf. 1, fig. 8.
G. Leschik 1955, Pl. 8, fig. 7-9 : *Unatextisporites mohri.*

Description • Pollen de forme ovale non fusiforme ; à chaque extrémité, un sac très enveloppant et étroit (5-6 μ) ; les extrémités des sacs se rejoignent presque dans la partie médiane ; un fin sillon traverse le corps central presque totalement. Corps central microgranulé, ballonnets microréticulés. Dimension : 45-50 μ de long et 30-35 μ de large.

Répartition • Sahara : Extrême-Sud tunisien : Argilo-carbonaté à Intervalle a^2 — B ; Gassi-Touil : Argilo-gréseux inférieur à Intervalle a^2 — B.

DISACCITES 4 = DIS 31.

Voir *Disaccites* sp. 1 (*Platysaccus umbrosus* ? Leschik 1956) *in* Biard 1963, Pl. 16 bis, fig. 1-2.

DISACCITES 5 = DIS 9.

Pl. 43, fig. 1-3.

Description • Pollen au corps central globuleux (22-32 μ), à l'exine claire et finement ponctuée ; ballonnets presque sphériques en position distale, dont le volume est légèrement inférieur à celui du corps central et munis d'un reticulum à très grands brochi (3-4 μ) ; pas de calotte et cappula étroites car les ballonnets sont très serrés. Plus grande dimension totale : 48-60 μ.

Répartition • Sahara : Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

Rapports et différences • Dans les comptages ont été assimilées à cette forme celles désignées *Disaccites* sp. 4 *in* Biard 1963, Pl. 16, fig. 5 : grès inférieurs de la région d'Ouargla-Oued Mya ; Argilo-carbonaté de la province septentrionale ; Argilo-carbonaté à Intervalle d^2 — a^2 de l'Extrême-Sud tunisien ; Argilo-gréseux supérieur à Intervalle a^2 — base du sel massif du Gassi-Touil.

cf. B. OVALLIPOLLIS LUNZENZIS Klaus = *DIS 1.*

Pl. 42, fig. 9.

W. Klaus 1960, Taf. 34, fig. 46-49.

Description • Pollen très allongé ovale ; aux extrémités un ballonnet très étroit (2,3 μ) ; corps central très allongé et traversé sur toute la longueur par un sillon ne correspondant peut-être pas à une fente (colpus) et assez large (3 à 5 μ) ; taille 45-50 μ/22-25 μ.

Répartition • Sahara : Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

Source : MNHN, Paris

PARCISPORITES sp. 1 = *DIS 3.*

Pl. 43, fig. 4.

DESCRIPTION • Pollen bi-ailé au corps central très rond en vue latérale ou polaire (36-38 µ) ; ballonnets en forme de petites ailes de 10 à 15 µ ; tout le grain est recouvert d'exoexine microréticulée. Plus grande dimension totale : 50-55 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Le genre *Parcisporites* Leschik 1955 (p. 55) se caractérise par la constitution incomplète des sacs aerifères généralement réduits à deux petites ailes ; toutefois, aucune espèce décrite par Leschik ne correspond tout à fait à la forme saharienne.

cf. A. KLAUSIPOLLENITES STAPLINII JANSONIUS = *DIS 4.*

Pl. 43, fig. 5-6.

J. Jansonius 1962, Pl. 12, fig. 21-27.

DESCRIPTION • Pollen ovale rectangulaire en vue polaire ; corps également ovale rectangulaire (Lc : 19-27 µ, 1c : 16-20 µ) ; ballonnets semi-circulaires emboitants délimitant sur la face distale une cappula aux côtés parallèles droits ou légèrement convexes et d'exine très fine, lisse à ponctuée (Lb : 20-28 µ, 1b : 10-16 µ, cappula : 9-10 µ) ; ballonnets et calotte microréticulée. Plus grande dimension totale : 30-42 µ.

RÉPARTITION • Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

cf. B. SULCATISPORITES INTERPOSITUS LESCHIK = *DIS 5.*

Pl. 43, fig. 7.

G. Leschik 1955, Taf. 10, fig. 4.

DESCRIPTION • Pollen presque circulaire en vue polaire : corps central ovale, ballonnets semi-circulaires très rapprochés sur la face distale où s'observe un sillon très allongé (Lc : 38-44 µ, 1c : 28-32 µ, Lb : 40 µ, 1b : 22 µ, largeur du sillon : 3 à 7 µ). Plus grande dimension totale : 42-55 µ.

RÉPARTITION • Holotype : Keuper d'Allemagne ; Sahara : Argilo-gréseux inférieur du Gassi-Touil. Argilo-gréseux inférieur de Tunisie.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Les formes sahariennes sont légèrement plus petites que l'holotype ; elles n'ont pas été attribuées à *S. minor* Biard 1963, Pl. 10, fig. 11-12, car il ne s'agit pas d'une espèce valablement publiée selon le C.I.N.B. (d'ailleurs Biard indique pour *S. minor* une taille plus grande que celle de *S. interpositus*).

cf. C. ALISPORITES AUSTRALIS DE JERSEY = *DIS 6.*

Pl. 43, fig. 8.

N. J. De Jersey et M. Hamilton 1967, Pl. 7, fig. 5.
J. Townrow 1962, p. 36, fig. 8 : pollen de *Pteruchus africanus* Thomas.
non G. Playford 1965, Pl. 11, fig. 11-12.

DESCRIPTION • Pollen bi-ailé avec un corps central de contour plus ou moins trapézoïdal ; les ballonnets sont très rapprochés sur la face distale et séparés par un long sulcus ; la ligne épaisse

Source : MNHN, Paris

et sinueuse observée en vue polaire est celle de l'attache des ballonnets au niveau du plan équatorial perpendiculaire à l'axe polaire. Longueur totale : 50-60 μ, largeur totale : 50-60 μ.

Répartition • Holotype : Trias moyen d'Australie ; Sahara : Argilo-grèseux supérieur du Gassi-Touil.

Rapports et différences • Le pollen de la Pteridospermée *Pteruchus africanus* Thomas trouvée dans le Trias moyen d'Afrique du Sud, est très voisin.

DISACCITES 6 = *DIS 8.*
Pl. 43, 6g. 9-10.

Description • Pollen bi-ailé au corps central allongé dans le sens de la largeur (Lc : 26-36 μ, 1c : 40-46 μ) ; ballonnets emboitant le corps central dans le sens extérieur-distal de sorte que le grain de pollen a la forme d'un haricot (Lb : 26-36 μ, 1b : 25-32 μ) ; cappa très convexe ; cappula mal définie car les ballonnets se rejoignent presque sur la face distale ; ballonnets à reticulum très petit avec toutefois des lignes radiales. Plus grande dimension totale : 65-80 μ.

Répartition • Sahara : Argilo-grèseux supérieur du Gassi-Touil.

PLATYSACCUS sp. 1 = *DIS 28.*
Pl. 42, fig. 10.

H. Biard 1963, Pl. 16 bis, fig. 4-5.

Description • Pollen bi-ailé au corps central sombre (Lc : 36 μ, 1c : 30 μ, hc : 16 μ) ; ballonnets emboitants très grands en vue polaire (Lb : 35 μ, 1b : 45 μ) plus ou moins jointifs en forme d'ailes plates, parcourus d'un reticulum à larges brochi (2-4 μ). Plus grande dimension totale : environ 75-80 μ.

Répartition • Sahara : Argilo-carbonaté de l'Extrême-Sud tunisien.

Autres pollens bi-ailés • Certaines espèces ont été signalées par H. Biard 1963 dans l'Argilo-grèseux inférieur et les grès de l'Argilo-carbonaté de l'Extrême-Sud tunisien, mais ces espèces n'ont pas été retrouvées dans les échantillons traités. Leur présence qualitative a été enregistrée dans le fichier mécanographique grâce à la codification suivante :

DIS 29 : Biard 1963, Pl. 16, fig. 4 (*Disaccites* sp. 3).
DIS 32 : Biard 1963, Pl. 10, fig. 8, 10 (*Ellipsovelatisporites grandis* Biard).
DIS 33 : Biard 1963, Pl. 11, fig. 2-4 (*Saturnisporites* cf. *S. fischeri* Klaus 1960).
DIS 34 : Biard 1963, Pl. 9, 6g. 3, 5 (*Taeniaesporites kraeuseli* Leschik 1955).

C. — Répartition stratigraphique quantitative.

Le tableau IV. 6 montre à l'évidence deux faits paléobotaniques utilisables en stratigraphie :
— la grande abondance des *disaccites* dans tout le Trias grèseux où ils constituent la moitié de la microflore totale suivie d'une quasi-disparition brutale à partir du Lias ;
— la succession en escaliers de plusieurs groupes d'espèces qui permettent de caractériser quatre zones dans le Trias-Lias inférieur.

Source : MNHN, Paris

DIS POLLENS A DEUX SACS

NBRE INDIVIDUS 3302 NBRE ESPECES 31

CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	23	24	26	27	18	22	25	28	13	20	21	11	12	15	7	30	31	9
18	SENONINIEN																				
16	TURONIEN																				
14	CENONANIEN																				
13	ALBO VRACONIEN																				
12	ALBIEN		3	33	66																
11	APTIEN (SUP)		1			100															
10	BARREMIEN(APTO)		1				100														
9A	TAOURATINE INF.																				
9	JUR.SUP. =NEOC.		7	14				42	14	14											
8	CAL-KIM(PORTL)																				
7A	CAL-KIN(PORTL)		26	26				11	42			7	7	3							
7	CAL-KIM																				
6	BATHONIEN 2		7					14	28			28	14	14							
5A	BATHONIEN																				
5	BATHONIEM 1		4						50					50							
4J	LIAS-DOGGER																				
4F																					
4E																					
4D																					
4I																					
4C			4						25			25									
3A	LIAS-DOG.OCCO.	1	1								100										
4B			3									66					33				
4A			1														100				
3	NIVEAU B																				
2	SAL.PAL. A2-B	4	67								1							5	29	31	31
1K	SAL.PAL.INFR-A2																				
1E	SAL.PAL. D2-A2	8	77																44	42	12
1D	SAL.PAL.INFR-D2	40	160								8							69	12		3
1N	TRIAS GRESEUX																				
1I		46	332								6		5		1	2		26	16		
1C		44	92																43	27	29
1N		59	174								20							42	18		
1B		45	990								19								17	11	5
1G		45	175								18							42	19		
1F		45	139								18							44	17		
1A		83	1038								27								9		2

			15
			18
			21
			19
			17
			31

TABLEAU IV. 6. — Répartition stratigraphique quantitative des pollens Disaccites.

Source : MNHN, Paris

DIS POLLENS A DEUX SACS

NBRE INDIVIDUS 3302 NBRE ESPECES 31

CODE	INTERV STRAT.	S/T.	S.	3	4	5	6	8	10	2	29	32	33	34
18	SENONINIEN													
I6	TURONIEN													
14	CENOMANIEN													
13	ALBO VRACONIEN													
12	ALBIEN		3											
I1	APTIEN (SUP)		1											
10	BARREMIEN(APTO)		1											
9A	TAOURATINE INF.													
9	JUR.SUP. =NEOC.		7											
8	CAL-KIM(PORTL)													
7A	CAL-KIM(PORTL)		26											
7	CAL-KIM													
6	BATHONIEN 2		7											
5A	BATHONIEN													
5	BATHONIEN 1		4											
4J	L1AS=OOGGER													
4F														
4E														
40														
41														
4C			4											
3A	L1AS=DOG.OCCD.	1	1											
4B			3											
4A			1											
3	NIVEAU B													
2	SAL.PAL. A2=B	4	67											
1K	SAL.PAL.INFR=A2													
IE	SAL.PAL. D2=A2	8	77											
1D	SAL.PAL.INFR=D2	40	160											
IN	TRIAS GRESEUX													
1I		46	332	4	4	1	2	3	5					
IC		44	92											
IM		59	174											
1B		45	990			2				8	5	5		1
IQ		45	175											
1F		45	139											
1A		83	1038			5				6	5	5	1	4

Tableau IV. 6 (suite). — Répartition stratigraphique quantitative des pollens Disaccites.

XXI. — LES POLLENS MONOCOLPÉS = 1 CL

A. — Les genres.

Le genre *Cycadopites* Wodehouse 1933 ex Wilson et Webster 1946 désigne des pollens plus ou moins fusiformes munis d'un sulcus aussi long que le grain, s'élargissant aux extrémités, et dont l'un des bords recouvre l'autre dans la partie médiane.

Le genre *Bennettitaepollenites* (Thiegart 1949) Potonié 1958 désigne les pollens de contour ovale, dont la largeur est à peu près égale aux 2/3 de la longueur, d'exine lisse et montrant sur une face deux plis principaux rapprochés et délimitant un sillon assimilé à un colpus (?) et sur la face opposée un troisième pli généralement plus petit.

Source : MNHN, Paris

Le genre *Monoculcites* Cookson 1957 ex Couper 1953 a une définition très imprécise. R. A. Couper y classe en particulier des formes pointues au colpus long, net et rectiligne dont les extrémités ne s'évasent pas ; c'est cette acception *pro parte* mais précise qui est retenue ici.

Les genres *Cycadopites* et *Bennettitaepollenites* sont des genres morphographiques qui n'indiquent aucunement une appartenance botanique probable. Townrow (1962, p. 41) rappelle que les pollens monocolpés ont été produits par des Cycadales, des Bennettitales, des Ginkgoales, certaines Pteridospermées et quelques monocotylédones. Une classification naturelle basée sur la morphologie est quasiment impossible.

B. — Les formes et les espèces.

MONOSULCITES Cookson *ex* Couper = *1 CL 25.*

Pl. 44, fig. 1-5.

Description • Pollens d'apparence et de taille variables mais ayant tous une forme de fuseau pointu et un colpus net, rectiligne, atteignant les extrémités du grain ; épaisseur de l'exine variable de 0,5 à 1 µ ; rapport largeur/longueur variable de 1/3 à 1/2 ; longueur : 24-32 µ.

Répartition • Sahara : partie moyenne du Lias-Dogger inférieur à Albien.

cf. C. CYCADOPITES CARPENTIERI (Delcourt et Sprumont) Singh = *1 CL 9.*

Pl. 44, fig. 6-7.

A. Delcourt et D. Sprumont 1955, p. 54, fig. 14.
C. Singh 1964, Pl. 14, fig. 3.

Description • Pollen fusiforme aux extrémités non pointues à l'exine claire paraissant constituée de deux parties plus ou moins décollées ; sillon longitudinal très long, aux extrémités évasées, dont l'un des bords de la partie médiane recouvre l'autre ; exine : 1 µ environ ; rapport largeur/longueur 1/3 à 1/2 ; longueur : 40-70 µ.

Répartition • Holotype : Wealdien de Belgique ; Jurassique moyen-Crétacé inférieur d'Amérique du Nord ; Sahara : Callovien-Albien.

Rapports et différences • Il existe des formes de passage entre celle de la Pl. 44, fig. 7 et celle de la Pl. 44, fig. 6 ; celle-ci tend d'ailleurs vers le type *Bennettitaepollenites*. Ces formes sahariennes sont assez différentes de l'holotype mais la répartition stratigraphique et la taille sont celles de l'espèce *C. carpentieri*.

CYCADOPITES Wodehouse *ex* Wilson et Webster = *1 CL 11.*

Pl. 44, fig. 8-12.

Description • Pollens en forme de fuseau plus ou moins large et non pointu ; sillon très long évasé aux extrémités et resserré dans la partie médiane ; rapport largeur/longueur : 1/3 à 2/3 ; longueur : 22-30 µ.

Répartition • Sahara : Bathonien-Albien

Source : MNHN, Paris

cf. B. LILIACIDITES TEXTUS Norris = *1 CL 34.*
Pl. 44, fig. 13-14.

G. Norris 1967, Pl. 16, fig. 21-25.

Description • Pollen légèrement ovale en vue polaire (sulcus de face) avec un sulcus droit s'allongeant sur les 4/5 du grain ; exine épaisse (4 μ) et réticulée d'une façon plus ou moins régulière (maille : 3 à 5 μ) ; rapport largeur/longueur : 4/5 ; taille : 30-35 μ.

Répartition • Holotype : Albien-Cénomanien d'Amérique du Nord ; Sahara : Barrémien-Albien.

Rapports et différences • L'holotype est plus petit (maximum : 27 μ) mais le reticulum irrégulier a des lumières de dimensions sensiblement égales.

cf. A. BENNETTITEAPOLLENITES MINIMUS Singh = *1 CL 1.*
Pl. 44, fig. 15.

C. Singh 1964, Pl. 14, fig. 7.

Description • Pollen ovale montrant nettement deux plis larges et longs sur une face et un pli plus mince sur la face opposée ; exine très fine : 0,5 μ ? ; rapport largeur/longueur : 3/5 à 3/4 ; taille : 16-20 μ.

Répartition • Holotype : Barrémien-Albien ; Sahara : Trias argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil à Néocomien.

Rapports et différences • Les formes sahariennes sont en général plus petites que celles de la population-type dont la taille atteint 30 μ.

cf. ? CYCADOPITES Wodehouse *ex* Wilson et Webster = *1 CL 6.*
Pl. 44, fig. 16.

Description • Pollen ovale avec un sillon s'évasant très largement aux extrémités du grain et dont l'un des bords recouvre l'autre dans la partie médiane ; exine claire, très fine ; longueur : 28 μ ; largeur : 16 μ.

Répartition • Sahara : Partie inférieure du Jurassique supérieur-Néocomien.

cf. ? GINKGORECTINA Malavkina = *1 CL 7.*
Pl. 44, fig. 17.

Description • Pollen ovale allongé ; sillon court (3/4 de la longueur totale) ; exine fine (0,5 μ) et parcourue de 6-8 stries — ou plis ? — très fines longitudinales ; longueur : 46 μ ; largeur : 21 μ.

Répartition • Sahara : partie supérieure du Jurassique supérieur-Néocomien.

cf. A. CYCADOPITES DIKJSTRAE Jansonius = *1 CL 22.*
Pl. 44, fig. 19-20.

J. Jansonius 1962, Pl. 16, fig. 21-22.

Description • Pollen en forme de fuseau avec un sillon très long soit largement ouvert soit fermé avec un bord recouvrant l'autre ; longueur : 27-30 μ ; largeur : 18-20 μ.

Source : MNHN, Paris

RÉPARTITION • Holotype : Trias inférieur du Canada ; Sahara : Trias argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

XXII. — LES POLLENS TRICOLPÉS = 3 CL

cf. ? EUCOMMIIDITES (Erdtman) HUGHES = *3 CL 1.*

Pl. 44, fig. 21-23.

DESCRIPTION • Pollen tricolpé ovale plus ou moins allongé avec deux colpi paraissant plus longs que le troisième ; deux spécimens sont renflés dans la partie médiane ; exine (1 µ) chagrinée ; rapport largeur-longueur : 1/2 à 2/3 ; longueur : 20, (30), 35 µ.

RÉPARTITION • Sahara : trois spécimens dans le Jurassique supérieur-Néocomien.

TRICOLPITES COOKSON *ex* COUPER sp. 1 = *3 CL 5.*

Pl. 44, fig. 24.

DESCRIPTION • Pollen tricolpé ovale légèrement allongé selon l'axe polaire ; sillons très longs séparant le grain en trois lobes ; exine : épaisseur : 3 µ ; sculpture constituée de bacules serrées et jointes au sommet, dessinant un reticulum très imparfait ; longueur de l'axe polaire : 55 µ ; diamètre équatorial : 45 µ.

RÉPARTITION • Sahara : Albien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • La sculpture est analogue à celle de *Tricolpites albiensis* E. Kremp 1968, p. 431, text-fig. 6, mais la taille est deux fois plus forte.

XXIII. — LES POLLENS POLYPLICATURÉS (POLYPLICATES) = EPH OU GNT

Les pollens polyplicaturés du type *Ephedra* sont codifiés EPH, les autres attribués très dubitativement à des Gnétaceae ou des Equisétaceae sont codifiés GNT.

A. — LES GENRES.

Le genre *Ephedripites* Bolchovitina 1953 *ex* Potonié 1958, désigne dans ce travail les pollens du type *Ephedra*, c'est-à-dire fusiformes, plus ou moins pointus, munis de côtes ou stries en relief longitudinales et parallèles, séparées par des canaux au fond desquels existe parfois un sillon très fin, droit ou sinueux ; l'exine peut être épaisse et rigide ou fine et souple. Les pollens dont les deux parois de l'exine sont plus ou moins nettement séparées et qui sont munis de côtes spiralées ont été attribués au genre *Gnetaceaepollenites* (Thiergart 1938) Jansonius 1962. Il s'agit d'une acception plus étroite du genre, excluant les pollens du type *Welwitschiapites* Bolchovitina (= *Schizaea*) et désignant plus précisément les pollens de structure analogue à celle des espèces *G. multistriatus* et *G. scottii* (Jansonius 1962, Pl. 15, fig. 37-38 et 39-40). Cependant, Singh 1954 attribue des pollens acolpés à côtes entrecroisées au genre *Equisetosporites* (Daugherty 1941) Singh.

Source : MNHN, Paris

B. — Les formes et les espèces.

cf. B. EPHEDRIPITES DUADARENSIS Deak = *EPH 3.*
Pl. 45, fig. 1-3.

M. Deak 1962, Pl. 13, fig. 13.

Description • Pollen en forme de fuseau régulier ; sur chaque face, on observe 4 ou 5 côtes, de 2 à 2,5 µ de large dans la partie médiane, séparées par des canaux de 1 µ ; exine lisse et rigide : 1 µ ; rapport largeur/longueur : 2/5 à 1/2 ; longueur 23-34 µ.

Répartition • Holotype : Aptien de Hongrie ; Sahara : Néocomien (?) — Sénonien.

Rapports et différences • Cette forme se distingue de celle désignée *Ephedripites* sp. 5 par le fait que les côtes ne se soudent pas avant le sommet et que celui-ci n'est pas marqué par une boursouflure massive.

EPHEDRIPITES sp. 1 = *EPH 7.*
Pl. 45, fig. 4.

S. Jardiné et L. Magloire 1967, SCI 284.

Description • Pollen en forme de fuseau allongé, à l'exine fine et très souple, munie de côtes nombreuses (une dizaine sur chaque face) elles-mêmes sinueuses par déformation secondaire ; taille : 27-38 µ.

Répartition • Sénégal et Côte d'Ivoire : Albien ; Sahara : Barrémien-Albien.

Rapports et dippérences • Les formes sahariennes n'ont pas été attribuées à l'espèce *Ephedra notensis* Cookson 1957 car celle-ci est décrite dans le Tertiaire et que d'autre part son nom devrait faire l'objet d'une combinaison nouvelle.

EPHEDRIPITES sp. 2 = *EPH 9.*
Pl. 45, fig. 5-7.

Description • Pollen fusiforme à l'exine claire, fine et souple parcourue de côtes en relief de 1 à 2 µ de large très nombreuses et serrées ; les côtes se soudent avant les extrémités où la partie extérieure de l'exine forme un très petit sac ; longueur : 35-47 µ, largeur : 20-28 µ.

Répartition • Sabara : Aptien-Albien.

EPHEDRIPITES sp. 3 = *EPH 10.*
Pl. 45, fig. 8, fig. S 22.

Description • Pollen ovale avec des côtes longitudinales très épaisses et larges de 2,5 µ, séparées par des canaux s'élargissant ou se rétrécissant irrégulièrement (1 à 3 µ) ; les côtes au nombre de 6 à 7 font saillie aux extrémités du grain et paraissent grenues ; longueur : 30-40 µ, largeur : 17-22 µ.

Répartition • Sahara : Barrémien-Albien.

Source : MNHN, Paris

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ces formes sont de morphologie analogue à *Welwitschiapites magniolobatus* Bolchovitina 1953, mais de taille plus petite.

EPHEDRIPITES sp. 4 = *EPH 1.*
Pl. 45, fig. 9.

DESCRIPTION • Pollen ovale à l'exine épaisse de 1 μ et rigide, muni d'une douzaine de côtes de 2-3 μ de large ; taille : 40 μ de long environ.

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur-Albien.

RAPPORTS ET DIPPÉRENCES • Ces formes rappellent les pollens d'*Ephedra trifurcata* Torrey.

EPHEDRIPITES sp. 5 = *EPH 8.*
Pl. 45, fig. 10-11.

DESCRIPTION • Pollens fusiformes à l'exine assez rigide de 1 μ d'épaisseur et munis d'une quinzaine de côtes se soudant avant les extrémités qui sont massives ; longueur : 30-45 μ, largeur : 18-25 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Jurassique supérieur-Barrémien.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES • Ces formes sont voisines de celle du pollen d'*Ephedra alata* Decaisne.

POLYPLICATES PARTICULIERS ET RARES.
Fig. IV. 22.

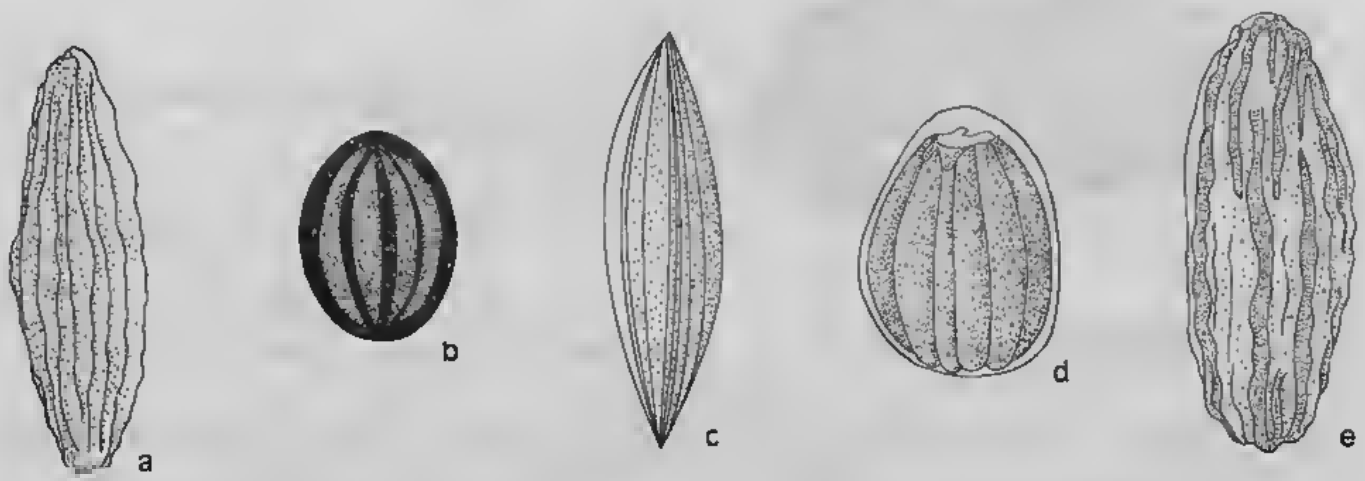


FIG. IV. 22. — Pollens relativement rares du genre *Ephedripites* Bolchovitina. a (EPH 14), b (EPH 15) ; c (EPH 17) ; d (EPH 18) ; e (EPH 19).

Cinq formes attribuables au genre *Ephedripites* mais de morphologie très particulière et caractéristique ont été rencontrées en quelques exemplaires chacune. Leurs descriptions morphologiques ressortent des schémas de la Fig. IV. 22.

EPH 14 (fig. IV. 22, a) : Albien.
EPH 15 (fig. IV. 22, b) : Albien.
EPH 17 (fig. IV. 22, c) : Jurassique supérieur-Néocomien.
EPH 18 (fig. IV. 22, d) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.
EPH 19 (fig. IV. 22, e) : Bathonien.

Source : MNHN, Paris

cf. B. GNETACEAEPOLLENITES CLATHRATUS Stover = *GNT 1.*
Pl. 45, fig. 12-13.

E. Stover 1964, Pl. 1, fig. 12-17.

Description • Pollen ovoïde, acolpé, dont la partie externe de l'exine est constituée de côtes séparées par des sillons étroits, convergeant en deux points situés près des pôles de l'axe longitudinal en suivant une disposition spiralée ; le nombre de côtes spiralées observables sur une face est de 10 à 12. La plus grande dimension varie de 32 à 45 μ.

Répartition • Holotype : Cénomano-Turonien d'Afrique Occidentale ; Sahara : Barrémien-Albien.

cf. B. EQUISETOSPORITES CONCINNUS Singh = *GNT 11.*
Fig. IV. 23.

C. Singh 1964, Pl. 17, fig. 10-15.

Description • Pollen allongé, acolpé, à l'exine épaisse (2,5 μ) et sombre où se dessinent des côtes larges de 2 à 4 μ séparées par des canaux étroits (1 μ) ; il semble qu'il s'agit de côtes internes, spiralées de sorte que la lumière transmise offre un dessin entrecroisé ; longueur : 55-65 μ ; largeur : 23-30 μ.

Répartition • Holotype : Barrémien-Aptien d'Amérique du Nord ; Sahara : Barrémien-Albien.

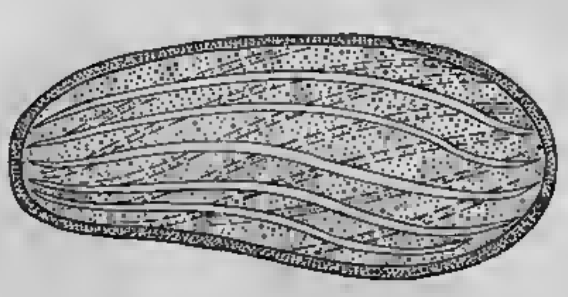


Fig. IV. 23. — *Equisetosporites concinnus* Singh (GNT 11).

EQUISETOSPORITES cf. C. E. ALBERTENSIS Singh = *GNT 3.*
Pl. 45, fig. 14-15.

C. Singh 1964, Pl. 17, fig. 17-18.

Description • Pollen de grande taille dont l'exine est constituée d'une paroi externe limpide et d'une paroi interne nettement détachée brune et parcourue de côtes larges (4 μ) séparées par des canaux très étroits (0,5 μ) et de disposition légèrement spiralée (côtes entrecroisées en lumière transmise) ; la partie interne au moins est fendue sur 4/5 de la longueur (sillon ?) ; longueur : 110-130 μ ; largeur : environ 40 μ (dépend de l'état d'écrasement ou d'étirement du grain).

Répartition • Sahara : Barrémien-Albien.

Rapports et différences • *Equisetosporites albertensis* Singh 1964, Pl. 17, fig. 17-18 a une taille comparable mais ne montre pas de sillon ni les deux parois nettement séparées.

Source : MNHN, Paris

cf. GNETACEAEPOLLENITES
Pl. 45, fig. 16 et fig. IV. 24.

DESCRIPTION • Pollen fusiforme assez effilé, monocolpé ; exine parcourue de côtes en relief, de 2,5 μ environ, séparées par d'étroits canaux et disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal dans la face opposée au sillon, devenant obliques sur la face du sillon où elles prennent une disposition radiée et se fusionnant le long du sillon ; longueur : 50-85 μ ; largeur : 28-42 μ.

RÉPARTITION • Sahara : deux spécimens à l'Aptien.

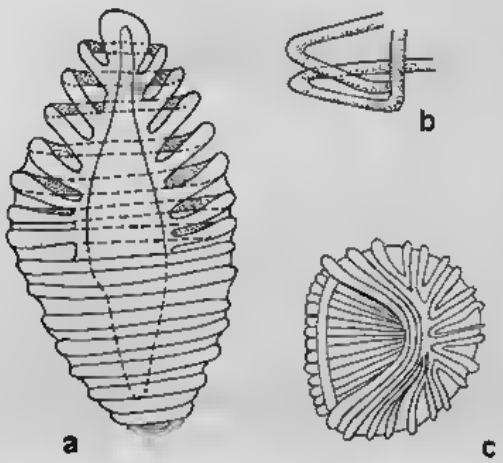


FIG. IV. 24. — cf. *Gnetaceaepollenites* (Thierg) Jansonius *sp.*
a. vue latérale du pollen en forme de fuseau ; b. détail de l'épaississement de l'exine ; c. vue apicale du fuseau.

AURICULIIDITES LAEVIGATUS REYRE.
Pl. 45, fig. 17.

Voir description dans Y. Reyre 1964, p. 9.

RÉPARTITION • Sahara : Aptien.

XXIV. — LES POLLENS D'APPARTENANCE SYSTÉMATIQUE NON DÉFINIE = PSP

Deux types de pollen particuliers sont rencontrés dans le Crétacé inférieur et moyen. Ils n'ont pu être décrits car aucune population abondante n'a été rencontrée. Ils sont en effet assez rares. Compte tenu de leur valeur stratigraphique, ils ont été codifiés en tant que formes.

PSP 1.
Pl. 44, fig. 25.

DESCRIPTION • Pollen allongé clair inaperturé à grosses clavules.

RÉPARTITION • Sahara : Barrémien-Albien.

Source : MNHN, Paris

PSP 4.
Fig. IV. 25.

DESCRIPTION • Pollen inaperturé en forme de sac, plus ou moins plié ; exine claire et fine (0,5 μ) couverte de bacules légèrement renflées au sommet, de coupe transversale rectangulaire ; bacules : 2,5 μ de haut et 1,5 μ de large. Taille : 35-50 μ.

RÉPARTITION • Sahara : Barrémien-Albien.

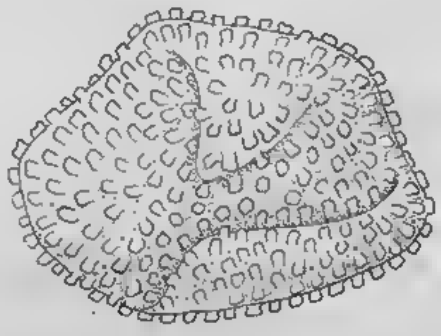


FIG. IV. 25. — Pollen inaperturé à petits bacules du Barrémien-Aptien (PSP 4).

XXV. — LES POLLENS DU GENRE *CLASSOPOLLIS* (Pflug) REYRE = *CLA.*

Les *Classopolis* sont le groupe de pollens quantitativement le plus important du Mésozoïque saharien. Ils apparaissent dans la partie supérieure du Trias gréseux et disparaissent à la fin du « Turonien ». En raison de leur importance paléobotanique et stratigraphique, j'en ai fait une étude systématique détaillée dans une précédente publication (Y. Reyre 1970). On y trouvera, outre un amendement du genre *Classopolis*, la description et l'indication de la répartition des espèces les plus importantes : *C. quezeli* ; *C. kieseri*, *C. bussoni*, *C. noeli*, *C. jardinei*, cette dernière ayant été décrite dans le Cénomanien du Sénégal (Y. Reyre, G. Kieser et C. Pujol 1971).

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE V

LES RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES PALÉOBOTANIQUES ET PALÉOGÉOGRAPHIQUES RELATIFS AU MÉSOZOÏQUE SAHARIEN

Après avoir exposé, dans le premier chapitre, les problèmes géologiques du Mésozoïque saharien, discuté dans le second les fondements et les méthodes de l'analyse palynologique, justifié dans le troisième les techniques mises en œuvre pour codifier et enregistrer les données qualitatives et quantitatives en vue d'un traitement informatique, ce sont les résultats obtenus pour la plupart par interprétation de tableaux établis en ordinateur que je vais formuler. Nous verrons donc successivement les trois grands domaines géologiques concernés par l'analyse palynologique globale : la stratigraphie, la paléobotanique, la paléogéographie. Notons toutefois que dans chacun de ces domaines, et surtout bien sûr dans le second, certains résultats ne découlent pas du traitement en ordinateur.

1. — RÉSULTATS STRATIGRAPHIQUES

En stratigraphie deux types de résultats ont été obtenus :

1. — des résultats déduits de la répartition qualitative des espèces dans le temps et de sa comparaison avec l'Europe notamment. Ces résultats présentent un intérêt scientifique fondamental car les zones palynologiques reconnues et datées peuvent d'une part servir d'assise paléonto-stratigraphique, d'autre part caler ou décaler dans son histoire et dans le temps absolu quelques grands faits sédimentaires du Mésozoïque saharien.

2. — des résultats ayant un intérêt essentiellement appliqué. Ces résultats proviennent de considérations quantitatives : des programmes tenant compte des fréquences relatives des diverses espèces au cours du temps, fournissent, par l'application de méthodes statistiques simples, soit l'âge probable d'un échantillon (carotte ou cutting), soit son degré de parenté chronostratigraphique avec un ou une série d'échantillons de référence eux-même non datés.

A. — Les zones palynologiques qualitatives.

Elles ont été établies en ne considérant que les résultats de l'Extrême-Sud tunisien [1]. Compte tenu du grand nombre d'espèces, de la pérennité de la plupart d'entre elles et des importantes variations quantitatives, la définition des zones palynologiques est délicate, du moins à certains niveaux.

1. Cette province saharienne est en effet celle dont la stratigraphie est le mieux fondée paléontologiquement ; de plus elle est de loin la plus riche en spores et pollens de sorte que, même si les compositions quantitatives y sont particulières, la répartition qualitative y est très sûre : on y rencontre toutes espèces.

Source : MNHN, Paris

1. — *Associations à l'intérieur des groupes morphologiques (ou « associations primaires »).*

Les tableaux de répartition stratigraphique relatifs à chacun des groupes morphologiques (voir ci-dessus) mettent en évidence plusieurs zones stratigraphiques identifiables par l'effective présence de certaines associations des seules espèces du groupe considéré. Des lignes horizontales délimitant ces intervalles dont les associations qualitatives restent identiques ont été tracées sur ces tableaux. Je ne citerai pas toutes les associations primaires qui caractérisent une zone (il suffira de consulter les tableaux du chapitre IV). Je me contenterai de passer rapidement les groupes en revue et d'en souligner éventuellement l'intérêt stratigraphique.

— Les trilètes lisses (*TL*) : aucune stratigraphie sérieuse ne semble pouvoir être établie à l'aide de ces spores.

— Les trilètes lisses à périsporc (*TLP*) : trois zones sont reconnaissables à l'aide de ces spores : le Lias inférieur, l'intervalle Bathonien-Néocomien, l'intervalle Barrémien-Cénomanien.

— Les trilètes verruqueuses (*TV*) : trois zones au moins sont identifiables : l'intervalle Bathonien-Kimméridgien, le Jurassique supérieur (?) — Néocomien, l'Albien.

— Les trilètes réticulées (*TR*) : elles sont peu nombreuses mais les associations sont nettement différentes dans trois intervalles : Trias-Infralias, Dogger, Callovien-Oxfordien-Kimméridgien.

— Les trilètes à rugules (*TU*) : rares également elles permettent de reconnaître deux intervalles : Bathonien, Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

— Les trilètes pileuses (*TP*) : deux types d'association caractérisent l'intervalle Bathonien-Kimméridgien d'une part, le Jurassique supérieur (?) — Néocomien de l'autre.

— Les trilètes à épines (*TS*) et les monolètes lisses (*ML*) caractérisent le Trias-Infralias.

— Parmi les spores (non classées (*SSP*)), les *Camerosporites* caractérisent le Trias moyen, les *Elaterosporites* l'intervalle Aptien-Albien.

— Les petits inaperturés lisses (*IPL*) ne sont pas utilisables en stratigraphie.

— Les petits inaperturés granuleux (*IPG*) : ils permettent de distinguer les trois intervalles suivants : Trias-Lias inférieur, Lias-Néocomien, Barrémien-Albien.

— Les grands inaperturés lisses (*IGL*) : à l'aide de ces pollens on peut reconnaître l'un des trois intervalles suivants : Lias-Dogger inférieur, Bathonien-Néocomien, Barrémien-Albien.

— Les grands inaperturés ponctués (*IGP*) : suivant les associations effectivement présentes peuvent être reconnus au moins deux intervalles : Bathonien-Néocomien et Barrémien-Albien.

— Les inaperturés zonés (*IZ*) : suivant les associations on peut reconnaître les intervalles suivants : Infralias à Dogger inférieur, Bathonien-Kimméridgien, Néocomien, Néocomien-Albien.

— Les monosaccites (*IP*) : ils caractérisent le Trias moyen-Infralias.

— Les disaccites (*DIS*) : suivant les associations peuvent théoriquement se reconnaître : le Trias moyen, le Trias supérieur-Infralias, la partie inférieure du Lias, l'intervalle Bathonien-Kimméridgien, le Néocomien, l'intervalle Barrémien-Albien. En fait ces pollens sont très rares au-dessus de l'Infralias et ne caractérisent bien que le Trias.

— Les monocolpés (*1 CL*) sont peu nombreux et peu utilisables.

— Les pollens polyplicaturés (*EPH, GNT*) caractérisent particulièrement l'intervalle Barrémien-Aptien.

— Les Classopollis (*CLA*) : sept intervalles sont reconnaissables à l'aide de ces pollens : le Trias moyen, l'Infralias, le Lias-Dogger inférieur, l'intervalle Dogger-Kimméridgien, le Néocomien, l'intervalle Barrémien-Albien, l'intervalle Cénomanien-Turonien.

2. — *Les zones palynologiques.*

Dans le paragrapbe précédent nous avons vu qu'une stratigraphie est possible en utilisant les seules associations « primaires », c'est-à-dire propres à chaque groupe morphologique. Mais bien souvent, dans un échantillon donné, un groupe précis ne se trouve représenté que par une population trop fai

Source : MNHN, Paris

ble. Il va de soi que des espèces de groupes différents peuvent constituer des associations qualitatives d'autant plus intéressantes que le nombre de combinaisons est bien plus grand. Sur une population globale de plus de 10.000 individus recensés pour l'ensemble du Mésozoïque de l'Extrême-Sud tunisien a été mis en œuvre le programme suivant :

— on a fourni à l'ordinateur une table d'intervalles stratigraphiques à considérer (voir chapitre I) : 1a / 1b / 1c / 1d / 1e / 2 / 3 / 4a / 4b / 4c / 4e / 5 / 6 / 7a / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 15 / 17.

— on lui a demandé d'indiquer dans chaque intervalle (1) les espèces représentant 20 % au moins de la population globale (2) celles en représentant 5 % au moins.

Le résultat obtenu sur des listings non reproduits ici (car trop étendus) permet de s'apercevoir que si l'on tient compte des seules espèces fréquentes (c'est-à-dire non rares donc aisément trouvables dans les échantillons), il existe plusieurs groupes d'intervalles stratigraphiques élémentaires dans lesquels chacun ne peut être distingué ; on est alors amené à considérer les onze intervalles stratigraphiques compréhensifs suivants :

1a / 1b + 1c + 1d / 1e + 2 / 3 + 4a + 4b + 4c + 4e / 5 + 6 / 7a / 9 / 10 / 11 + 12 / 15 + 17.

Chaque groupe d'intervalles stratigraphiques élémentaires correspond donc à une *zone palynologique* définie par une ou plusieurs espèces d'importance stratigraphique majeure (celles qui sont au-dessus de 20 %) et une ou plusieurs espèces d'importance stratigraphique que je qualifierai de « confirmatrice » (au dessus de 5 %).

Le tableau V. 1 exprime cette zonation palynologique sporo-pollinique. Il résulte en fait d'une exploitation secondaire des listings : on a notamment ajouté quelques groupes palynologiques dont les diverses espèces considérées seules étaient trop peu importantes pour être notables mais qui, accumulées, formaient un « taxon » utilisable : Disaccites triasiques, Trilètes verruqueuses, Cicatricosées, Ephedrales, etc...

On voit à partir de ce tableau que sept grandes zones sont caractérisées par des espèces largement dominantes tandis que des sous-zones sont caractérisées par des espèces moins fréquentes mais plus localisées. En les citant ci-après j'indique dès maintenant l'âge qu'il faut leur attribuer ; nous verrons pourquoi dans le paragraphe suivant.

1. — Zone à Disaccites sans *Classopollis* ni *Ovalipollis* (Trias moyen inférieur).

2. — Zone à Disaccites, *Classopollis*, *Ovalipollis*, *Camerosporites* (Trias moyen supérieur — Trias supérieur).

3. — Zone à *Ovalipollis* et *Zonalapollenites* (Infra-Lias à Lias inférieur).

4. — Zone à petites spores lisses, *Inaperturopollenites dubius*, *Cupressaccites oxycedroides* n. sp., *Araucariacites liasicus* n. sp. (Lias moyen et supérieur).

5. — Zone à Trilètes verruqueuses, pileuses et réticulées et grands pollens.

5a. — sous-zone à *Ischyosporites* sans Trilètes cicatricosées (Dogger-Callovien).

5b. — sous-zone à *Ischyosporites* avec rares Cicatricosées (Callovien-Portlandien ?).

5c. — sous-zone à *Concavissimisporites apiverrucatus* et forte proportion de *Classopollis* et de petits pollens lisses ou granuleux (Néocomien).

Ensemble de zones à *Perotrilites perinopustulosus* :

6. — Zone à Epbedrales, Gnétales et *Inaperturopollenites limbatus*.

6a. — Sous-zone à Cicatricosées et *Inaperturopollenites cf. A. australis* (Barrémien — Aptien inférieur).

6b. — Sous-zone à *Senegalosporites*, *Elaterosporites* pollens inaperturés et *Tricolpites* (Aptien supérieur-Albien inférieur).

6c. — Sous-zone où les Ephédrales et les *Inaperturopollenites limbatus* deviennent rares (Albien supérieur).

7. — Zone pauvre à *Classopollis jardinei* (Cénomano-Turonien).

Source : MNHN, Paris

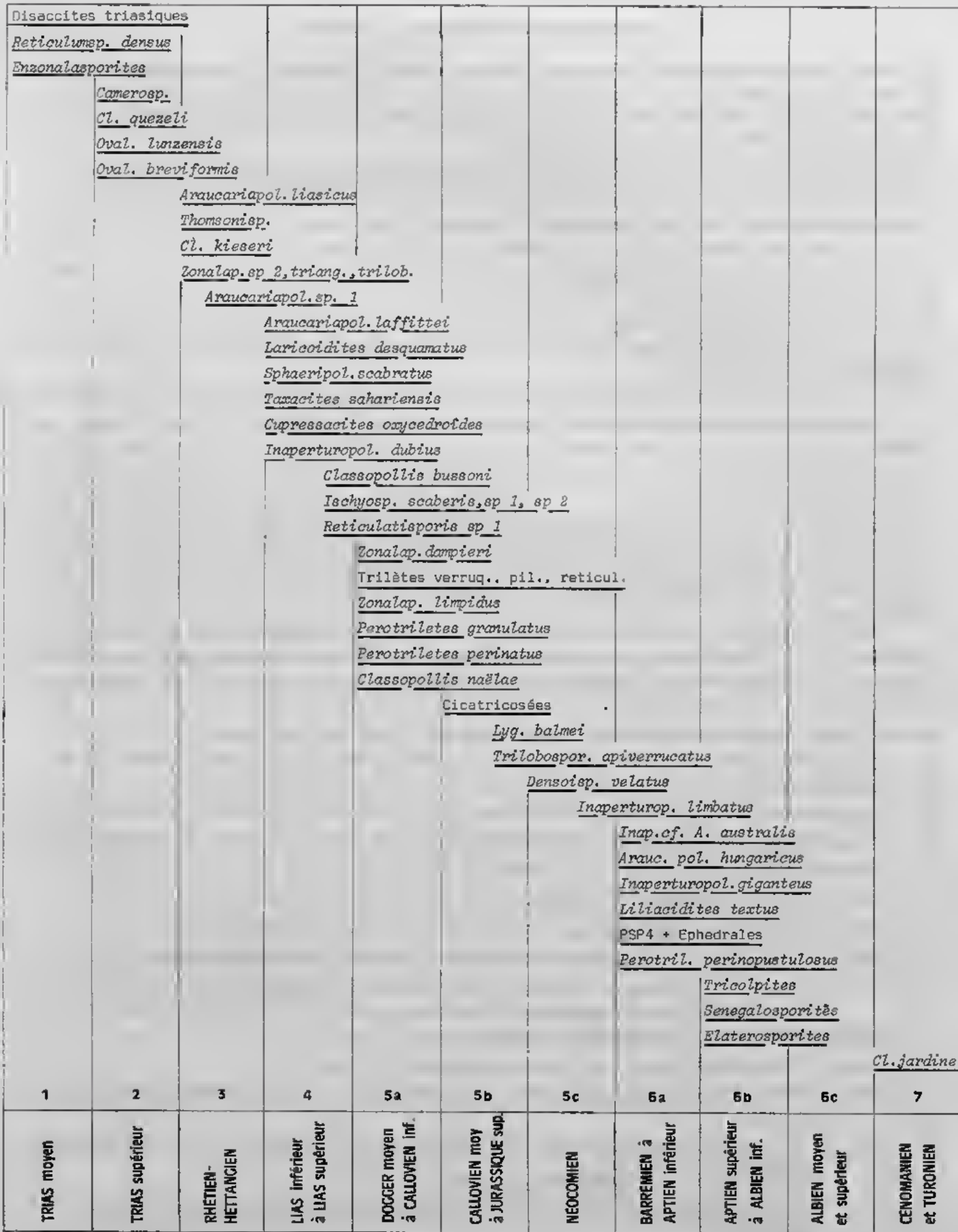


Tableau V. 1. — Zonation palynologique du Mésozoïque saharien à l'aide des associations qualitatives d'espèces ayant une fréquence notable (plus de 5 %).

Source : MNHN, Paris

Remarque.

En regard de l'énorme intervalle stratigraphique étudié, le nombre de zones palynologiques qualitatives définissables est faible. On pourrait penser que c'est la méthode d'étude et de présentation qui est en cause et qu'en réalité bien des zones sont escamotées parce que les intervalles stratigraphiques sont considérés dans leur ensemble. Deux faits viennent infirmer cette hypothèse :

— dans le Trias et le Lias, par exemple, ce sont les formations constituantes superposées qui ont été considérées : leur étude fragmentée n'a pas mis en évidence un grand nombre de zones qualitatives.

— il n'a pas été possible, pour la majorité des espèces, de reconnaître, en comparant les résultats des sondages entre eux, des niveaux réguliers d'apparition ou de disparition à l'intérieur d'une formation donnée (base, milieu, sommet) ; les cas favorables sont indiqués soit sur le tableau soit dans le texte relatif à la systématique, mais il s'agit presque toujours d'espèces représentées en quantités trop faibles pour justifier la création de nouvelles sous-zones effectivement utilisables.

L'impossibilité d'établir une zonation palynologique fine semble en réalité due au fait que la flore n'a évolué que lentement, et aussi au fait que la plate-forme saharienne a été le siège d'une sédimentation essentiellement détritique impliquant de perpétuels remaniements qui sont vraisemblablement à l'origine de l'estompage non seulement des disparitions mais aussi des apparitions des espèces.

B. — Comparaison avec les échelles européennes et conséquences stratigraphiques.

Nous avons vu dans le premier chapitre que la stratigraphie du Mésozoïque saharien ne s'appuyait qu'en de rares points sur des indications paléontologiques précises. Je me propose donc 1) de rechercher l'âge qui, d'après les seules données palynologiques, pourrait être attribué à chaque zone ci-dessus définie, ceci par comparaison avec les échelles européennes ou africaines ; 2) de discuter à partir de cette échelle palyno-stratigraphique l'âge qui peut être attribué aux diverses unités : Trias gréseux, Salifère principal, Lias-Dogger inférieur, etc... Je rappelle notamment les problèmes stratigraphiques majeurs que sont l'âge des premiers niveaux triasiques selon les provinces (c'est-à-dire l'âge de la transgression du Trias gréseux), la localisation de la limite Trias-Jurassique, celle de la limite Jurassique-Crétacé enfin.

Contrairement à une idée très répandue, les considérations quantitatives globales (c'est-à-dire les proportions et les abondances des groupes voire des espèces dominantes) ne peuvent être en général utilisées que pour tenter d'établir des corrélations dans des sondages ou des coupes voisins, c'est-à-dire traversant des séries de la même zone de réception et de dépôt du matériel sporopollinique. Nous verrons en effet comment ces proportions varient selon les faciès, les milieux de dépôt, les régions, *a fortiori* les provinces paléofloristiques. Ainsi pour les problèmes de datation absolue je tiendrai un compte essentiel de la qualité des espèces effectivement présentes et dont la valeur stratigraphique est reconnue.

On ne dispose hélas pour résoudre ces problèmes d'aucune échelle palynologique nord-africaine. Aussi j'utiliserai la riche bibliographie concernant les Mésozoïques européen et australien comme référence. Les travaux classiques — et relativement anciens — sur le Secondaire d'Europe (G. Leschik 1955, A. Delcourt et D. Sprumont 1955, R. A. Couper 1958) constituent plus des descriptions microfloristiques que des études précises de répartition stratigraphique. Il en est de même de nombreuses publications de moindre importance relatives en général à des formations localisées. Par contre un important travail de mise au point des connaissances relatives à la répartition stratigraphique des espèces est celui de H. Döring, W. Krutzsch, D. H. Mai et E. Schulz (1966). C'est principalement dans ce travail que je puiserai mon argumentation ainsi que dans les publications de R. A. Couper (1962) et F. Dupin (1966). En ce qui concerne l'Australie ce sont les travaux de R. A. Couper (1953, 1960), B. E. Balme (1957), I. Cookson et M. Dettmann (1957), M. Dettmann (1963), G. Playford et M. Dettmann (1965) qui fournissent la meilleure documentation stratigraphique.

1. — *Le Trias gréseux et le Salifère principal.*

Très schématiquement dans le Trias d'Allemagne se reconnaît la succession suivante (E. Schulz 1965, Tabelle 5) :

Source : MNHN, Paris

1. — Parmi les *Disaccites striatiti* qui constituent la majeure partie de la microflore permienne, un certain nombre d'espèces subsistent jusqu'à la partie supérieure du Trias gréseux (Bundsandstein) coexistant avec les *Disaccites non striatiti* apparaissant à cette période ;

2. — Au Trias moyen le nombre des espèces de *Disaccites non striatiti* domine largement celui des *striatiti* ; on y observe d'assez nombreuses formes voisines de celles du Sahara ;

3. — Les *Ovalipollis* n'apparaissent qu'à la base du Keuper et les premières formes attribuables à des *Classopollis* (E. Schulz 1965, Tab. 5d, *gen. et sp. indet* ; Tab. 5e, *Corollina meyeriana* ; *Granuloperculatipollis rudis*) n'apparaissent qu'au cours du Trias moyen ;

4. — Au Rhétien la microflore s'appauvrit en espèces de *Disaccites* tandis qu'apparaissent deux espèces reconnues comme de bons marqueurs du Rhétien-Hettangien en plusieurs points d'Europe et en France en particulier : *Ricciisporites tuberculatus* et *Styxisporites reissingeri* (voir F. Dupin 1966). Je cite ces espèces car leur découverte au Sahara eût permis de situer avec quasi-certitude la limite Trias-Lias ; elles n'ont pas été trouvées. Par contre notons que le Rhétien-Hettangien d'Aquitaine contient *Classopollis kieseri* et *Classopollis chateaunovi* retrouvés au Sahara (Y. Reyre 1970).

De ces considérations sur le Trias d'Europe on peut déduire avec une relative certitude l'âge qu'évoquent les zones palynologiques sahariennes et en tirer quelques conséquences stratigraphiques.

a. — **La zone 1** à nombreux *Disaccites non striatiti* et sans *Classopollis* (ou avec quelques rares individus) pourrait caractériser le **Trias moyen plus peut-être du Triass upérieur p.p.** Dans cette zone se situent le Trias argilo-gréseux inférieur de l'Extrême-Sud tunisien et celui du Gassi-Touil.

Pour l'Argilo-gréseux inférieur de l'Extrême-Sud tunisien : les données palynologiques s'accordent avec la datation proposée par G. Busson (1967) de la « série gréseuse fine » située à la partie supérieure de la formation : Trias moyen inférieur au Muschelkalk supérieur. Les résultats palynologiques ne concernent que quatre sondages du Dahar mais ils conduisent à penser que la transgression triasique n'a débuté dans cette région qu'au Trias moyen [1] ; en effet, les échantillons fossilifères les plus profonds se situent assez près de la base de l'Argilo-gréseux inférieur : à 17 m à Mr 1, à 60 m à Sn 1, à 15 m à Mg 1 et à 32 m à Sb 1. La microflore de tous ces échantillons est celle de la zone 1.

Pour l'Argilo-gréseux inférieur du Gassi-Touil, la présence de quelques *Ovalipollis lunzensis* pourrait indiquer un âge légèrement plus récent que celui de la formation dans l'Extrême-Sud tunisien. Dans le sondage Tg 1 en particulier la formation a livré un fragment de *Pagiophyllum peregrinum* Lind. et Hutt : or on sait que les espèces de ce genre paléobotanique produisent des pollens du genre *Classopollis* qui ne sont connus en Europe qu'à partir de la base du Trias supérieur. Même si les pollens dispersés n'ont pas été retrouvés, la présence du macrofossile producteur est à prendre en compte. A la base de la formation par contre les échantillons les plus profonds (à 9 m du Paléozoïque en Gt 3, à 20 m en Tg 1) n'ont livré aucune espèce du Trias inférieur (les Disaccites striatiti de cette époque n'auraient pu passer inaperçus).

Dans la Province Centrale enfin, les résultats donnés par H. Biard (1963) sur les sondages Qd 1 et Ar 7 font état d'une grande abondance de *Classopollis*. Je n'ai pas personnellement étudié ces sondages à ce niveau mais la présence des *Classopollis* annoncerait déjà la zone palynologique 2, ce qui indiquerait que l'âge du « grès inférieur » serait encore plus récent que celui de l'argilo-gréseux inférieur du Gassi-Touil, lui-même, nous l'avons vu, plus récent que celui de l'Extrême-Sud tunisien.

b. — **La zone 2** à *Disaccites*, *Aporina*, *Classopollis quezeli*, *Ovalipollis lunzensis*, *Camerosporites*, *Enzonalapollenites*. En Europe une telle association indiquerait approximativement le *Trias supérieur s.s.* (c'est-à-dire sans l'Infralias). Dans cette zone se rangent de nombreuses formations sans qu'il soit possible de proposer des corrélations précises entre elles : l'Argilo-carbonaté et les évaporites infra-d2 de l'Extrême-Sud tunisien et des Provinces Septentrionale et Centrale, l'Argilo-carbonaté et l'Argilo-gréseux supérieur du Gassi-Touil.

1 Les études géologiques permettent de penser que le Trias inférieur existe en Djeffara et en Tripolitaine (G. Busson 1967, p. 27, fig. 1). L'amincissement de la série triasique gréseuse en direction du Dahar pourrait correspondre au biseautage du Trias inférieur.

Source : MNHN, Paris

Parmi ces formations seul l'Argilo-carbonaté de l'Extrême-Sud tunisien est daté par la paléontologie : la base serait du Muschelkalk supérieur et le sommet (équivalent probable des dolomies du Dj. Rebaeb) serait carnien. L'interprétation des résultats palynologiques de l'ensemble du domaine étudié, à vrai dire fondés sur une microflore peu abondante et peu variée conduit à admettre un âge approximativement équivalent pour toutes les formations de la zone palynologique 2 mais tendrait à rajeunir la partie inférieure de l'Argilo-carbonaté en général qui serait déjà du **Trias supérieur.**

c. — **La zone 3** à *Classopollis* (principalement *Cl. kieseri*), *Ovalipollis* (principalement *O. breviformis*), à rares *Zonalapollenites* et rares *Enzonalapollenites* indiquerait un âge **Rhétien-Hettangien.** La microflore de l'intervalle d^2 — a^2 et celle de l'intervalle a^2 — B appartiennent à cette zone.

La présence de *Zonalapollenites* à côté d'espèces comme *Classopollis kieseri* et *Ovalipollis breviformis* est surprenante par comparaison aux échelles européennes où le premier genre n'est cité qu'à partir du Lias supérieur. Le fait que les individus trouvés soient peu nombreux m'avait amené à expliquer leur présence par des retombées de cuttings dans les forages. Or les tableaux définitifs de répartition stratigraphique montrent qu'en fait ces formes existent sans discontinuité depuis le Jurassique supérieur jusqu'au-dessous du repère a^2. La présence de ces *Zonalapollenites* était déjà signalée par H. Biard (1963) qui écrit à ce sujet (p. 88) : « Par ailleurs en Espagne, dans le sondage Ballobar — Br 1 —, le genre *Zonalapollenites* est présent dans le Jurassique ; les derniers individus sens forage ont été retrouvés dans le Lias inférieur... ». Il faudrait admettre que les *Zonalapollenites* sont apparus plus tôt au Sahara qu'en Europe et plus tôt en Espagne qu'en Allemagne. Si en Europe leur présence indique le Lias franc *min.*, l'association sabarienne avec des formes typiques du Trias supérieur comme les *Enzonalasporites* où de l'Hettangien comme *Classopollis kieseri* a conduit à considérer que la limite Trias-Jurassique se situe dans la zone palynologique 3 et que le repère litbologique le plus voisin de cette limite est le repère a^2.

Remarque.

Dans le Gassi-Touil, l'intervalle « base du sel massif-a^2 » n'a fourni qu'une microflore assez pauvre ne contenant presque exclusivement que des *Classopollis* et aucun Disaccites ni *Zonalapollenites.* Aucune hypothèse de position stratigraphique ne peut être avancée sur la foi de ces résultats palynologiques.

d. — En conclusion, malgré une microflore peu abondante et peu variée par rapport à celle des mêmes niveaux d'Europe, les résultats palynologiques permettent de formuler quelques hypotbèses probables sur la stratigraphie du Trias saharien et notamment les deux suivantes :

— sur une bonne partie de la plate-forme saharienne (Djeffara exclue), la transgression des faciès gréseux triasiques s'est effectuée au cours du Trias moyen pour se terminer dans la Province Centrale au tout début du Trias supérieur.

— le niveau le plus proche de la limite Trias-Jurassique est le repère lithologique a^2 qui s'est déposé au cours du Rhétien-Hettangien.

2. — *Le Jurassique.*

Dans les séries jurassiques du Sahara, la principale datation paléontologique précise est celle de la partie inférieure de l'intervalle Callovo-Kimméridgien-Oxfordien de l'Extrême-Sud tunisien qu'une abondante faune (dont quelques Céphalopodes) situe entre le Callovien *p.p. max.* et l'Oxfordien *p.p. min.* Les autres références paléontologiques sont moins sûres de sorte que, même s'ils sont peu précis, les renseignements qu'apporte la Palynologie méritent d'être exprimés.

Si la base du Jurassique est dans l'ensemble peu fossilifère au Sabara, dès le sommet de l'intervalle Lias-Dogger inférieur on observe une diversification extrême de la microflore. Toutefois la plupart des espèces qui apparaissent dans ces niveaux se retrouvent jusque dans l'intervalle Callovien-Kimméridgien et même jusque dans le Néocomien. Cet état de choses entraîne une difficulté qui d'ailleurs n'est pas propre au Sahara. Ainsi, en Europe, si on se réfère aux travaux de E. Schulz et D. H. Mai (1964, « Tabelle der Verleikung der Sporen und Pollen im deutscher Lias and Dogger »), sur 65 espèces citées, 17 se rencontrent de l'Hettangien au Callovien supérieur, 10 du Toarcien au Callovien, 5 de

Source : MNHN, Paris

l'Hettangien au Bathonien, enfin toutes les espèces du Bajocien se retrouvent jusque dans le Callovien supérieur au moins. Plus haut dans la série, d'après les tableaux de Döring (1965) la palynologie permettrait une excellente zonation du Malm. Compte tenu du très grand nombre d'espèces je ne considèrerai que les groupes les plus significatifs *également retrouvés au Sahara*, mais on perçoit déjà la difficulté d'établir une chronologie par comparaison avec l'Europe.

a. — **La zone 4.** Nous avons vu qu'elle a été recensée à partir du Niveau B. Or au Sahara une seule espèce européenne caractéristique de l'Hettangien-Sinémurien d'Europe est retrouvée : *Apiculatisporites spiniger* ; bien que rare, sa fréquence maxima est précisément dans le Niveau B ou les niveaux immédiatement supérieurs. Ainsi l'attribution du Niveau B au Sinémurien (G. Busson) concorderait avec le très minime renseignement apporté par la Palynologie. Ce niveau contient par ailleurs de rares *Veryachium* et *Micrhystidium setasessitante* Jansonius attestant un niveau bas dans le Lias. Il en résulterait que la zone 4 engloberait à sa base le **Sinémurien.** Mais quel âge minimum (c'est-à-dire le plus récent) désignerait-elle ? Le **Lias supérieur** d'une façon quasi certaine et d'une façon incertaine du Dogger inférieur en raison de la présence dans les niveaux supérieurs de genres tels que *Reticulatisporis* ou *Ischyosporites*.

b. — **Les zonee 5 a, 5 b et 5 e.** La première est assez caractéristique du Dogger sane que les limites inférieures et supérieures puissent être précisées. Par ailleurs, deux caractéristiques microfloristiques européennes concernent directement les intervalles Callovo-Kimméridgien-Oxfordien et Jurassique supérieur-Néocomien. R. A. Couper (1962, fig. 2 et 6) considère que le genre *Cicatricosisporites* n'apparaît qu'à partir du Purbeckien ; ce point de vue est confirmé par les échelles de Döring (1965) et par N. F. Hughes et J. C. Moody-Stuart (1967). Or dans le Sahara quelques spores cicatricosées sont rencontrées dans le « Callovo-Oxfordien-Kimméridgien » (*Cicatricosisporites* sp. 3, *Cicatricosisporites* sp. 5). De même, d'après R. A. Couper et H. Döring, le groupe des *Trilobosporites* n'apparaît lui aussi qu'à partir du Purbeckien, alors qu'au Sahara on le rencontre déjà dans la partie supérieure de l'intervalle « Callovo-Oxfordien-Kimméridgien ». Elles ont été très rares certes, mais dans le sondage Db 1 par exemple elles ne peuvent pas être dues à des retombées de cuttings d'un intervalle supérieur puisque ce sondage débute dans le « Callovo-Oxfordien-Kimméridgien ». Ces remarques conduisent à émettre l'hypothèse que l'unité désignée « Callovo-Oxfordien-Kimméridgien » pourrait en fait inclure **l'ensemble du Jurassique supérieur** et que l'intervalle désigné « Jurassique supérieur-Néocomien » pourrait se réduire au **seul Néocomien.** De même l'intervalle désigné « Bathonien » pourrait inclure la partie inférieure du Callovien : cette hypothèse ne se justifierait que par le fait qu'il s'agit d'un niveau immédiatement inférieur à une formation contenant des Cicatricosées, rares certes mais présentes, ce qui tend à rajeunir également la formation inférieure.

3. — *Le Crétacé.*

Le Crétacé n'appelle que peu de remarques sur la stratigraphie. La zone à *Ephedripites* est en position conforme à celle de l'échelle palynologique générale donnée par R. A. Couper 1962, fig. 6 ; elle commence avec le Barrémien. Comme en Europe et comme en Australie, l'espèce *Inaperturopollenites limbatus* Balme se rencontre au Barrémien-Aptien. Mais, hormis ces deux caractéristiques qu'on peut considérer comme très générales, dans l'ensemble, la zonation palynologique saharienne est voisine de celle mise en évidence par S. Jardiné et L. Magloire (1965) au Sénégal et en Côte d'Ivoire : les microflores sont moins riches et moins variées, mais la répartition est la même et surtout bon nombre d'espèces sont exclusivement africaines. Ce fait mérite d'être souligné car il signifie qu'à partir du Barrémien l'hinterland saharien fit partie d'une **province botanique africaine nettement individualisée** et différente de celle de l'Europe. Dans le même ordre d'idées, il faut remarquer qu'au Cénomano-Turonien la microflore des sédiments devient d'une extrême pauvreté : ce fait palynologique est l'enregistrement de la grande transgression marine qui submergea l'Afrique centrale faisant du Hoggar une île. La microflore se réduit alors à quelques pollens légers africains dont le *Classopollis jardinei*.

Dans ce Crétacé saharien on peut donc distinguer :

— la zone 6a indiquant le **Barrémien-Aptien inférieur**

— la zone 6b correspondant à l'**Aptien supérieur-Albien inférieur**

Source : MNHN, Paris

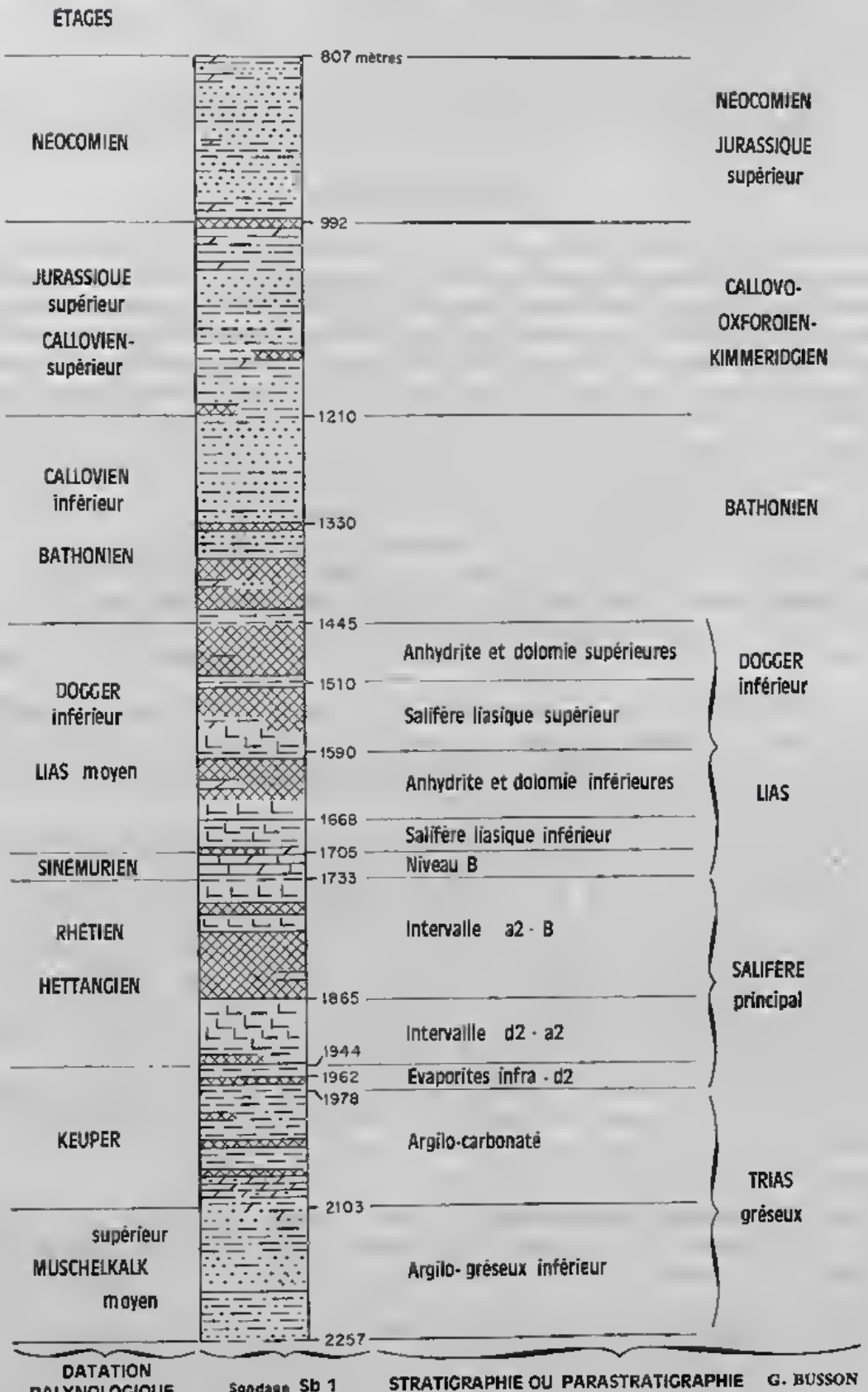


TABLEAU V. 2. — Chronostratigraphie d'une série de l'Extrême-Sud Tunisien (Sb 1) d'après la comparaison des associations palynologiques qualitatives avec celles d'Europe ou d'Australie.

Source : MNHN, Paris

— la zone 6c à vrai dire parfois difficilement discernable de la précédente (absence de *Inaperturopollenites giganteus* et de *Araucariapollenites hungaricus*) qui correspondrait à l'**Albien moyen et supérieur**

— la zone 7 enfin caractérisant le **Cénomano-Turonien.**

En ce qui concerne la chronologie des formations crétacées du Sahara algéro-tunisien aucune modification importante n'est donc à proposer par rapport à la stratigraphie de G. Busson (1970).

4. — *Conclusions.*

Si on mettait côte à côte le tableau V. 1 et les tableaux de corrélation numériques du chapitre I, un fait apparaîtrait à l'évidence : les zones palynologiques qualitatives (j'insiste sur ce dernier adjectif car nous verrons que les calculs statistiques permettent d'aller plus loin) sont moins nombreuses que les intervalles stratigraphiques ou parastratigraphiques définis et reconnaissables par les moyens géologiques généraux et notamment les diagraphies. Ce fait pourrait soit surprendre soit mettre en cause la qualité même du résultat si je n'en avais déjà indiqué les raisons : les révolutions floristiques ne se produisent pas hélas à la fin de chaque étage et au cours du Jurassique notamment l'évolution lente de la flore s'est faite par un remplacement petit à petit de certaines espèces par d'autres de sorte que la zonation devient subtile. De plus les conditions de sédimentation interviennent très directement : au cours des périodes « détritiques » les remaniements incessants masquent les disparitions d'espèces ; dans les périodes au contraire calmes de la sédimentation évaporitique (périodes où se posent les plus intéressants problèmes de corrélation ou d'équivalence entre les formations élémentaires régionales) la quantité de microflore sédimentée est, pour des raisons climatiques sans doute, très faible.

Malgré tout, le bilan de l'analyse qualitative est loin d'être négligeable car il permet de caler chronologiquement sur une base paléonto-stratigraphique les grandes formations du Mésozoïque saharien.

Le tableau V. 2 résume cette chronologie sur le sondage Sb 1 de l'Extrême-Sud tunisien pris comme exemple parce que toutes les formations y sont bien représentées. On y voit notamment : 1) que **le repère lithologique a2 est très proche de la limite Trias-Jurassique.** 2) que le repère lithologique E8 coïncide presque avec la limite Jurassique-Crétacé.

Par ailleurs, j'ai montré comment la palynologie situe dans le temps la transgression triasique sur le socle paléozoïque : elle n'aurait commencé dans l'Extrême-Sud tunisien qu'au début du Trias moyen, se serait étalée ensuite sur le Gassi-Touil et n'aurait atteint la Province Centrale qu'à la fin du Trias moyen et peut-être même au tout début du Trias supérieur. Enfin, les résultats palynologiques tendent à montrer que l'Argilo-carbonaté de l'Extrême-Sud tunisien, des Provinces Septentrionale et Centrale ainsi que l'ensemble « Argilo-carbonaté » — « Argilo-gréseux supérieur » du Gassi-Touil sont des formations, chronologiquement à peu près équivalentes, du Trias supérieur *s.s.*

Quel progrès l'échelle palynologique présentée ici apporte-t-elle par rapport à celle de la Compagnie des Pétroles d'Algérie que j'ai citée dans l'introduction de cet ouvrage ?

En vue de cette comparaison je renvoie le lecteur à la fig. 3, p. 1373, de P. Heybroek (1963). Le petit tableau y servant de légende fait ressortir que l'âge indiqué par chacune des six zones est très approximatif puisqu'elles ne sont calées que par rapport aux systèmes d'étages du Secondaire. D'autre part l'auteur ne donne (p. 1367) qu'une définition très succincte de ces zones :

— une zone A à « Bissaccites » correspondrait à la première moitié du Trias. C'est là une importante différence avec la zonation que j'ai proposée ci-dessus et qui, d'une part, partage cette zone en deux, d'autre part rajeunit l'ensemble comme allant du Trias moyen seulement au Trias supérieur.

— une zone B à « Classopoles » correspondrait à un Trias moyen-Jurassique inférieur au moins *pro parte*. C'est là une définition beaucoup trop vague car les *Classopollis* constituent le groupe palynologique le plus important dans la plupart des étages depuis le Trias supérieur jusqu'au Néocomien (voir fig. V. 1). D'ailleurs la reconnaissance spécifique des *Classopollis* permet à elle seule une excellente zonation du Mésozoïque saharien (voir Y. Reyre 1970 et Y. Reyre, G. Kieser et C. Pujol 1971). Bien que très imprécise qualitativement cette zone B pourrait traduire l'observation d'un

Source : MNHN, Paris

fait souligné ici (tableau V. 1 et fig. V. 1) : les *Classopollis*, avec les espèces *C. quezeli* et *C. kieseri* constituent près de la moitié de la population pollinique au Rhétien-Hettangien [1].

— On peut adresser la même critique au sujet de la valeur de la Zone C à « Spheripollenites ». — Il faut dire à la décharge de l'auteur que sous ce nom de genre on englobait à l'époque tous les petits pollens ronds qui font partie des deux groupes palynologiques codifiés IPG et IPL dans ce mémoire. Or, on voit que ces groupes ont une représentation très forte pendant tout le Jurassique et le Néocomien (fig. V. 1). Effectivement cependant ils arrivent à constituer près de la moitié de la population palynologique entre le Sinémurien et le Dogger compris, ce qui justifie la position de la zone C de la C.P.A., bien que la définition qualitative et même quantitative (car les *Spheripollenites* n'y sont pas toujours majoritaires) soit inacceptable.

— C'est encore une critique d'un autre ordre qui doit être adressée à propos de la zone D à « Dictyophyllidites ». J'ai signalé ce genre (Pl. 3, fig. 1) comme présent du Bathonien au Néocomien, large intervalle stratigraphique qui correspond à celui indiqué par la zone D. Mais il s'agit en fait, dans le groupe des Trilètes lisses, d'une espèce qui n'est pas particulièrement plus fréquente que les autres et de plus de détermination délicate. Au cours de cette période en effet la diversité sporo-pollinique est telle qu'on peut parfois compter 100 grains sans qu'une seule espèce ne se retrouve plus de deux fois. Il est possible que dans l'esprit de l'auteur toutes les Trilètes lisses soient assimilables aux *Dyctyophyllidites*, car, effectivement, les Trilètes lisses sont abondantes du Lias moyen au Néocomien ; mais elles ne représentent jamais plus du quart de la population globale dans ces niveaux.

— La zone E à « Ephedrapollenites » est très correctement située dans le Crétacé inférieur au-dessus du Néocomien ainsi que la zone F à « Arancoriacidites » au-dessus mais il est curieux que les espèces remarquables tant par leurs formes très particulières que par leurs fréquences ne soient pas signalées alors qu'elles sont très caractéristiques ; je veux parler des *Perotriletes perinopustulosus*, des *Senégalosporites* et des *Elaterosporites*.

— Enfin, dans l'échelle C.P.A., le Cénomanien-Turonien n'est pas caractérisé par le spectaculaire *Classopollis jardinei*.

En résumé si l'échelle C.P.A. n'est pas inexacte elle est très vague aussi bien palynologiquement que stratigraphiquement. S'il faut malgré tout, rendre hommage aux précurseurs pétroliers d'avoir reconnu quelques grands faits palynologiques du Secondaire Saharien, on ne peut leur épargner une critique de méthode. Même si elle est trop brièvement exprimée dans la note de P. Heybroek, une échelle où certaines zones sont définies d'après la prédominance d'un grand groupe sporopollinique, d'autres par la seule présence d'un genre précis peu représenté, manque de cohérence et surtout de finesse.

En ce sens l'échelle que j'ai proposée ci-dessus caractérise d'une façon plus réelle les populations et propose une zonation plus fine (onze zones au lieu de six) et plus précise (il y est question d'étages). Pourtant elle ne rend pas compte elle-même de la « syngénétique » botanique à travers le temps, c'est-à-dire du remplacement progressif mais permanent des espèces à l'intérieur des groupes eux-mêmes, phénomène naturel dont seules, les considérations quantitatives permettent de tirer parti en stratigraphie. Je vais maintenant montrer comment.

Remarque.

J'ai signalé dans l'introduction de cet ouvrage la zonation palynologique proposée par P. Biens et L. Magloire (1967) sur le Mésozoïque d'Algérie. Il s'agit en fait du Mésozoïque de Berbérie surtout. Les auteurs proposent pour l'intervalle Lias-Cénomanien sept zones, mais la comparaison avec le Sahara proprement dit est très difficile car elles sont basées sur la répartition du microplancton franchement marin. En ce qui concerne l'utilisation dans cette échelle des faunes sporo-polliniques (sans doute rares en Berbérie, région alors trop éloignée du continent) la définition d'une zone à « Sphaeripollenites » caractérisant le Lias et celle d'une zone à « Classopollis » caractérisant le Crétacé inférieur-Cénomanien sont d'un intérêt ni palynologique (il existe nous

1. Ce trait palynologique a été remarqué depuis longtemps en Europe et vérifié par moi-même en Aquitaine sur la bordure du Morvan.

Source : MNHN, Paris

l'avons vu, de nombreuses espèces dans chacun de ces groupes) ni stratigraphique (chacun de ces groupes est présent dans presque tout le Mésozoïque). Par contre, certains repères sont bien notés : la zone à Éphedrales de l'Albien en particulier encore que l'Aptien-Albien paraît plus vraisemblablement indiqué. C'est surtout la répartition du plancton (que j'ai étudiée au Sabara bien qu'elle ne soit pas exposée dans cet ouvrage) qui est intéressante pour faire le lien entre la plate-forme saharienne et la Berbérie. Il faut noter en particulier le plancton nº 2210 également rencontré dans le Dogger et le Callovo-Oxfordien-Kimmerdgien du Sahara, ce qui est bien vague, et le plancton nº 2162 localisé á ce dernier intervalle. Par contre la forme nº 2016 attribuée à *Gonyaulax jurassica* Deflandre sans doute très marine n'est pas retrouvée au Sahara alors que je l'aí retrouvée personnellement en très grande abondance dans le Jurassique très supérieur d'Israël (sondages d'Heletz). En résumé l'échelle saharienne que je propose et celle de P. Biens et L. Magloire ne sont pas incompatibles mais la correspondance reste aussi vague que la zonation indiquée par ces auteurs.

C. — Datation et corrélation quantitatives.

Outre le fait qu'elle n'est pas très fine, la zonation qualitative proposée ci-dessus n'est pas toujours d'une application aisée. En effet, lorsqu'on considère un seul échantillon, la détermination stratigraphique est souvent délicate ceci en raison de plusieurs faits :

1. — de nombreuses espèces sont pérennes et leur fréquence relative variable selon les étages,

2. — les espèces les plus caractéristiques sont rarement les plus nombreuses,

3. — le nombre des espèces connues à certaines périodes consécutives comme le Bathonien, le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien et le Jurassique supérieur-Néocomien par exemple est très nettement plus élevé que celui des espèces propres à chacune d'elles.

Ces faits expliquent qu'un échantillon analysé livre fréquemment une association difficile à attribuer à telle ou telle période. La difficulté est encore accrue pour les périodes d'une très grande diversité floristique (dans certains échantillons de l'Extrême-sud tunisien, sur 100 individus déterminés ou recense fréquemment plus de 70 espèces). Il était donc intéressant — outre l'aspect méthodologique nouveau — de mettre en application les méthodes de comparaison statistique des populations palynologiques en vue d'obtenir aussi bien des datations chronologiques absolues que des corrélations entre échantillons ou formations à l'intérieur de la même zone.

Je ne m'étendrai pas ici sur l'intérêt théorique de l'étude quantitative des populations en paléontologie stratigraphique, ni sur les programmes de « gestions » des données préalables au traitement statistique proprement dit, points que j'ai développés dans une note récente (Y. Reyre 1972).

Considérons un échantillon fossilifère à dater ou corréler. Il s'agit d'établir un coefficient de ressemblance statistique de sa population avec celles des divers populations *réelles* (correspondant à un gisement fossilifère précis et localisé) ou *virtuelles* (correspondant à une moyenne calculée à partir de plusieurs gisements réels dont la contemporanéité est certaine) d'âge ou de position stratigraphique connus. Dans le cadre d'incertitude résultant de l'absence de marqueurs éprouvés, la plus forte valeur de ce coefficient indique que l'âge le plus probable du gisement à dater est celui de la population réelle ou virtuelle correspondante.

C'est ce qu'effectue le **programme d'interprétation paléonto-stratigraphique quantitative** dont est donné un ordinogramme à la fin de l'ouvrage. Voici le calcul mis en œuvre : la population d'un gisement réel A constitue un échantillon statistique élémentaire. Si on désigne le nombre d'individus de chacune des E espèces reconnues, par n, la fréquence de l'espèce 1

$$fA_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2 \ldots + n_E} \text{ varie entre 0 et 1.}$$

La population du gisement s'exprime alors par l'ensemble :

$$\left\{ f\,A_1,\ f\,A_2,\ \ldots\ldots\ f\,A_E \right\}$$

Source : MNHN, Paris

Considérons une autre population réelle B. Le degré de ressemblance de A et de B peut s'évaluer à l'aide du carré de la « distance » D :

$$D^2 = \sum_{1}^{E} (fA_l - fB_l)^2$$

D^2 est compris entre les valeurs 0 (identité totale) et 2 (disparité totale).

En fait, si la comparaison statistique entre populations réelles est d'un intérêt pratique évident dans les problèmes de corrélation de coupe (B. de Jekhowsky 1963), lorsqu'il s'agit de datation il est naturellement préférable d'utiliser comme référence des populations virtuelles.

Considérons N populations réelles dans un niveau stratigraphique J. Pour une espèce x, si $f\,x_1$, $f\,x_2$ .... $f\,x_N$ sont les fréquences dans les échantillons 1, 2, ... N, la fréquence moyenne de l'espèce x dans le niveau J est

$$Fxj = \frac{fx_1 + fx_2 \ldots . fx_N}{N}$$

La population virtuelle de J s'exprime alors par l'ensemble :

$$\left\{ Fxj,\ Fyj,\ \ldots\ldots\ Fj \right\}$$

Pour dater A il faudra donc la comparer successivement à toutes les populations virtuelles contenant au moins une espèce commune afin que le calcul du D^2 ait un sens.

En fait le programme mis au point effectue une comparaison qualitative et quantitative de la population à « tester » avec celles (virtuelles) de chacun des 13 intervalles stratigraphiques suivants :

Muschelkalk moyen à supérieur,
Keuper,
Rhétien — Hettangien,
Lias inférieur *p.p.* à moyen (?),
Lias supérieur-Bajocien (?),
Bathonien-Callovien inférieur,
Callovien-Jurassique supérieur,
Néocomien,
Barrémien,
Aptien,
Albien,
Cénomanien,
Turonien.

Ce programme fournit un tableau de résultats calculés (ex. : tableau V. 3) qui permet au palynologue de choisir en dernier ressort mais sciemment une attribution stratigraphique ou une corrélation. Pour illustrer l'intérêt et les possibilités de ce programme et montrer comment on interprète les tableaux, prenons un exemple concret particulièrement intéressant puisqu'il s'agit d'une série du Tinrhert décrite dans le chapitre I, celle du sondage Ot 105. Ce sondage n'apparaît pas sur les tableaux de corrélations numériques : l'incertitude stratigraphique demeure grande sur tout le pourtour du bassin ou l'envahissement par les faciès gréseux rend incertaines les corrélations par les diagraphies habituelles. On reconnaît dans ce sondage la succession suivante : « Zarzaïtine » inférieur, moyen, supérieur puis « Taouratine » inférieur (171 m), moyen (21 m) et supérieur (29 m) puis une série argilo-sableuse de 26 m, une série carbonatée de 31 m, une série argilo-gypseuse de 175 m surmontée de 19 m de cal-

Source : MNHN, Paris

caire qui serait cénomanien supérieur. Afin de tenter de caler stratigraphiquement la série, trois échantillons fossilifères ont été soumis aux tests de datation par rapport à la province de référence, l'Extrême-Sud tunisien.

a. — un ensemble de cartes « test » décrivent chaque population suivant un format précis. Il constitue la « donnée » du programme (voir figures V. 1). On a de plus, indiqué qu'on désirait trois tests : 1) d'après l'ensemble des espèces, 2) d'après les seules spores ornementées (toutes les Trilètes lisses TL sont exclues = 0), 3) d'après les seuls pollens.

b. — par option sur une carte du programme on a choisi de considérer les fréquences relatives *moyennes* des espèces dans chacun des intervalles considérés. On aurait pu ne considérer que les fréquences relatives *simples*.

c. — le programme a déterminé la tranche stratigraphique où chaque intervalle contenait au moins une espèce commune avec l'échantillon à tester. Si j_1 est l'intervalle le plus ancien et j_2 le plus récent, le programme a ensuite effectué :

$$D2j = \sum_{i=1}^{i=N} (Fij - fi)^2 \text{ pour } j \text{ variant entre } j_1 \text{ et } j_2.$$

d. — on a alors obtenu sur imprimante les tableaux V. 3 qu'il s'agit d'interpréter. D'après le remplissage des colonnes, ces tableaux indiquent quels sont les intervalles stratigraphiques correspondant le mieux à l'association qualitative de l'échantillon testé. Mais la colonne la plus remplie ne désigne pas toujours l'âge le plus probable, nous allons le voir. Au contraire les dernières lignes indiquent, pour chaque test et dans l'ordre demandé, quels sont les intervalles stratigraphiques correspondant *quantitativement* le mieux à la population testée (valeur la plus voisine de 0). En l'absence de « dateurs » qualitatifs sûrs, la plus faible valeur désigne l'âge le plus probable. C'est donc la valeur stratigraphique des espèces présentes dans la colonne la plus remplie et absentes (où si faiblement représentées qu'elles n'y apparaissent pas) dans la colonne du plus faible D^2 qui déterminera le choix final.

Échantillon Ot 105, 455 m (fig. V. 1) :

Cet échantillon provient de la base de la série dite Taouratine inférieur. Une population de 67 individus indique aussi bien qualitativement que quantitativement (Tableau V. 3) que l'âge est néo-

ECHANTILLON OT105 455

NBRE INDIVIDUS 67 3 TESTS

TL	1	3	0.044776	11	6	6	13	1	2	3
TLZ	3	4	0.059701	13	9A	4	8	1	0	0
TV	68	2	0.029851	14	9A	3	8	1	1	0
TV	75	1	0.014925	10	9	7	9	1	1	0
TB	5	1	0.014925	9A	9A	8	8	1	1	0
TR	11	1	0.014925	10	9A	7	8	1	1	0
TS	9	4	0.059701	11	9A	6	8	1	1	0
TS	10	2	0.029851	9A	9A	8	8	1	1	0
TS	11	11	0.164179	9A	9A	8	8	1	1	0
IPG	7	1	0.014925	16	7	2	12	1	0	1
IPG	21	1	0.014925	18	9A	1	8	1	0	1
IGL	9	9	0.134328	14	7A	3	11	1	0	1
IGL	14	6	0.089552	9A	9A	8	8	1	0	1
IGP	7	1	0.014925	10	9	7	9	1	0	1
IGP	20	5	0.074627	10	9A	7	8	1	0	1
ICL	7	2	0.029851	11	9A	6	8	1	0	1
ICL	7	2	0.029851	9A	9A	8	8	1	0	1
PLT	38	1	0.014925	13	9A	4	8	1	0	0
PLT	39	5	0.074627	9A	9A	8	8	1	0	0
PLT	40	2	0.029851	11	7A	6	11	1	0	0
150	22	1	0.014925	14	9A	3	8	1	0	0
IZ	10	2	0.029851	14	9A	3	8	1	0	1

FIG. V. 1. — *Fac-simile* du listing des cartes-donnée indiquant la population de l'échantillon Ot 105, 455 m et les trois tests demandés.

Source : MNHN, Paris

comien (la colonne 9A correspond à la moitié supérieure du Jurassique supérieur - Néocomien de l'Extrême-Sud tunisien). Il y a de plus une concordance parfaite entre les trois tests, mais ce sont les pollens qui ici sont quantitativement les meilleurs « dateurs ».

Échantillon Ot 105, 320 m (fig. V. 1 *bis*) :

Cet échantillon se trouve au milieu du tiers supérieur de la série Taouratine inférieur. Une population de 47 individus seulement indique (Tableau V. 3 *bis*) cette fois une divergence entre les indications qualitative (colonne 11 = « Aptien ») et quantitative (colonne 10 = « Barrémien » pour le test global et colonne 9A = Néocomien pour l'association pollinique). Quel âge doit-on choisir ? En fait la population de l'échantillon est globalement plus voisine de celle du « Barrémien » mais il y a en plus quelques *Ephedripites* (EPH 1, 2, 7, 9). Ces pollens sont en réalité toujours rares depuis l' « Aptien » jusqu'au Cénomanien. Or, un bon « dateur » est à la fois localisé et fréquent. C'est le cas du *Classopollis* CLA 9 entre l' « Aptien » et l'Ablo-Vraconien (colonne 13). Si l'échantillon était aptien il serait probablement très riche en ce pollen, ce qui n'est pas le cas et ce qui explique pourquoi le D^2 le plus faible est celui qui correspond au « Barrémien ». On admettra donc que l'âge de l'échantillon est le même que celui des séries dites barrémiennes de l'Extrême-Sud tunisien, c'est-à-dire barrémo-aptien puisque la barre aptienne « ne représenterait seulement qu'une partie de l'Aptien supérieur ».

ECHANTILLON OT105 320

NBRE INDIVIDUS		47	3 TESTS						1	2	3
TL	3	2	0.042553	14	6	3	13		1	0	0
TL	10	8	0.170213	11	8	6	10		1	0	0
TL	16	1	0.021277	14	8	3	10		1	0	0
TV	54	2	0.042553	11	7A	6	11		1	1	0
SSP	8	2	0.042553	16	11	2	6		1	1	0
IGL	9	4	0.085106	14	7A	3	11		1	0	1
EPH	1	3	0.063830	14	11	3	6		1	0	1
EPH	2	3	0.063830	14	11	3	6		1	0	1
EPH	7	4	0.085106	14	11	3	6		1	0	1
EPH	9	2	0.042553	14	11	3	6		1	0	1
GNT	6	4	0.085106	12	10	5	7		1	0	1
GNT	11	4	0.085106	14	11	3	6		1	0	1
CLA	9	1	0.021277	14	9A	3	8		1	0	1
PLT	38	6	0.127660	13	9A	4	8		1	0	0
PLT	40	1	0.021277	11	7A	6	11		1	0	0

Fig. V. 1 *bis*. — *Fac-simile* du listing des cartes-donnée indiquant la population de l'échantillon Ot 105, 320 m et les trois tests demandés.

Échantillon Ot 105, 235 m (fig. V. 1 *ter*) :

Cet échantillon qui se trouve dans la série argilo-gréseuse permet avec 85 individus fournis de la dater qualitativement et quantitativement du « Cénomanien » (Tableau V. 3 *ter*). La datation est nette (colonne 1) mais il faut rappeler que cette formation « cénomanienne » commence en fait dans l'Albien supérieur.

ECHANTILLON OT105 235

NBRE INDIVIDUS		85	3 TESTS						1	2	3
TL	2	1	0.011765	16	9	2	9		1	0	0
TL	16	1	0.011765	14	8	3	10		1	0	0
TLP	10	75	0.882353	18	11	1	6		1	1	0
TV	38	1	0.011765	14	9	3	9		1	1	0
EPH	2	3	0.035294	14	11	3	6		1	0	1
GNT	1/1	1	0.011765	14	14	3	3		1	0	1
CLA	10	1	0.011765	18	7A	1	11		1	0	1
IZ	10	2	0.023529	14	9A	3	8		1	0	1

Fig. V. 1 *ter*. — *Fac-simile* du listing des cartes-donnée indiquant la population de l'échantillon Ot 105, 235 m et les trois tests demandés.

Source : MNHN, Paris

		ECHANTILLON 67.00	18	16	14	13	12	11	10	9A 3	9	8	7A	7
TL	1	0.044776						0.0244	0.2784	0.1643	1.0191	0.7176	0.2498	
TLZ	3	0.059701				0.0952		0.3000		0.0878				
TV	68	0.029851			0.1253			0.1521	0.0417	0.1012				
TV	75	0.014925							0.0186	0.0181	0.0151			
TB	5	0.014925								0.0181				
TR	11	0.014925							0.0055	0.0090				
TS	9	0.059701						0.0405		0.0633				
TS	10	0.029851								0.0362				
TS	11	0.164179								0.1990				
1PG	7	0.014925		0.2801				4.1607	0.5533	0.9550	0.4540	2.6198	1.4706	2.9412
1PG	21	0.014925	10.3801		0.3571	1.4405	0.5810	0.4808	0.0473	0.0181				
IGL	9	0.134328			0.0157	1.1111	0.0534	1.7248	6.1839	7.0801	3.2186	1.7287	0.1032	
1GL	14	0.089552								0.2815				
1GP	7	0.014925							0.1269	0.2747	0.7971			
1GP	20	0.074627							0.0520	0.0905				
1CL	7	0.029851						0.0209		0.0181				
3CL	7	0.029851								0.0181				
PLT	38	0.014925				0.2778		0.0896	0.1171	0.0090				
PLT	39	0.074627								0.2015				
PLT	40	0.029851						0.0913		0.0181	0.0265		0.1089	
1SD	22	0.014925			0.8929	0.1905				0.0090				
1Z	10	0.029851			0.8097	1.9876	3.6181	0.1231		0.1336				
TEST	1	67	0.088095	0.080343	0.079605	0.076302	0.079285	0.075780	0.067060	0.064026	0.071690	0.075387	0.079639	0.080406
TEST	2	26	0.036534	0.036534	0.036461	0.036421	0.036534	0.036048	0.036502	0.035611	0.036529	0.036534	0.036534	0.036534
TEST	3	29	0.042651	0.034899	0.034420	0.031099	0.033840	0.030922	0.021923	0.019962	0.027074	0.030533	0.034475	0.034961

//// EOF ////

TABLEAU V. 3. — *Fac-simile* du tableau fourni par le programme d'interprétation paléonto-stratigraphique pour l'échantillon du Tinrhert Ot 105, 455 m (base du Taouratine inférieur). Colonne 9A = partie supérieure du Jurassique supérieur — Néocomien de l'Extrême-Sud tunisien. *Source : MNHN, Paris*

		ECHANTILLON 47.00	18	OT105 16	320 14	13	12	11	10	3 9A	9	8	7A	7
TL	3	0.042553			0.2389	0.1905		0.3437	0.8765	0.8429	0.3412	1.0588	10.2808	4.1649
TL	10	0.170213						0.1672	0.3704	0.3418	0.5612	0.0407		
TL	16	0.021277			0.4266			0.1728	2.5955	1.6956	4.7589	0.3071		
TV	54	0.042553						0.0299	0.6674	0.3271	0.1374	0.0490	0.0530	
SSP	8	0.042553		0.4902	0.5952	0.1389	0.2451	0.0597						
IGL	9	0.085106			0.0157	1.1111	0.0534	1.7248	6.1839	7.0801	3.2186	1.7287	0.1032	
EPH	1	0.063830			0.1035			0.0329						
EPH	2	0.063830			0.0773		0.0744	0.0299						
EPH	7	0.085106			0.0288	0.1905	0.7555	0.1064						
EPH	9	0.042553			0.2839	10.2957		0.0299						
GNT	6	0.085106					1.7724	0.0597	0.0067					
GNT	11	0.085106			0.1179		0.1755	0.0597						
CLA	9	0.021277			0.7160	9.5750	3.7513	12.4452	0.2449	0.1645				
PLT	38	0.127660				0.2778		0.0896	0.1171	0.0090				
PLT	40	0.021277						0.0913		0.0181	0.0265		0.1089	

TEST	1	47	0.090991	0.090598	0.089168	0.094858	0.084187	0.096798	0.081012	0.081355	0.084505	0.087258	0.092547	0.089181
			********											
TEST	2	4	0.003622	0.003228	0.003150	0.003505	0.003419	0.003546	0.003098	0.003354	0.003507	0.003580	0.003577	0.003622
			********											
TEST	3	25	0.039384	0.039384	0.038393	0.044227	0.034783	0.046451	0.032573	0.032279	0.034942	0.036741	0.039210	0.039384
			********											

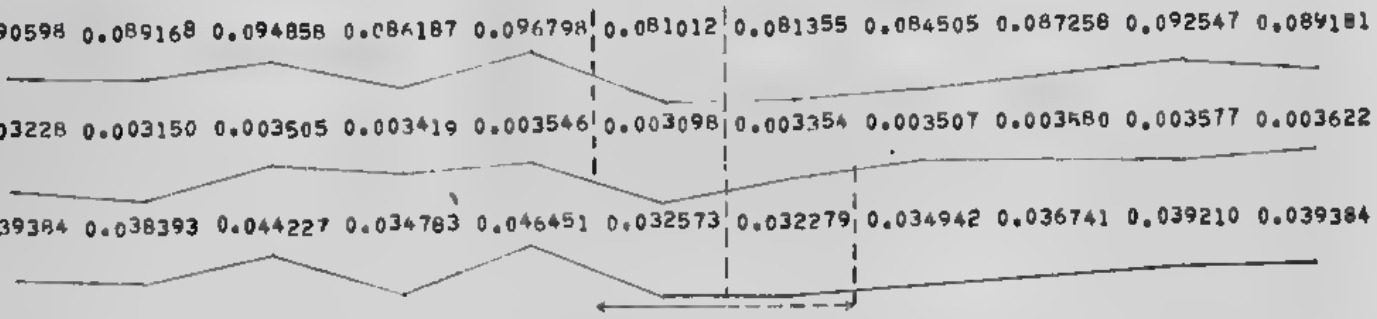


Tableau V. 3 *bis.* — *Fac-simile* du tableau fourni par le programme d'interprétation paléonto-stratigraphique pour l'échantillon du Tinrhert Ot 105, 320 m (tiers supérieur du Taouratine inférieur). Colonne 10 = « Barrémien » de l'Extrême-Sud tunisien (Barrémo-Aptien).

Source : MNHN, Paris

		ECHANTILLON 07105 235 3											
		85.00	18	16	14	13	12	11	10	9A	9	8	7A	7
TL	2	0,011765		0,2801	0,0411			0,1834	0,3069	1,0249	0,0996			
TL	16	0,011765			0,4266			0,1728	2,5955	1,8956	4,7589	0,3071		
TLP	10	0,882353	1,1696	2,6961	45,1055	36,9261	23,6963	4,6269						
TV	38	0,011765			0,0411			0,0126			0,0285			
EPH	2	0,035294			0,0773		0,0744	0,0299						
GN7	1/1	0,011765			0,0205									
CLA	10	0,011765	16,8459		0,6902	10,5556				0,3383			1,1256	
IZ	10	0,023529			0,8097	1,9876	3,6181	0,1231		0,1336				
TEST	1	85	0,784950	0,734129	0,187919	0,273872	0,418574	0,701370	0,781038	0,780661	0,782154	0,780975	0,780900	0,781038
														******** *
TEST	2	76	0,758182	0,731834	0,186147	0,263402	0,416667	0,699172	0,778685	0,778685	0,778678	0,778685	0,778685	0,778685
														******** *
TEST	3	7	0,026491	0,002076	0,001587	0,010194	0,001631	0,001999	0,002076	0,001947	0,002076	0,002076	0,001938	0,002076
														******** *

TABLEAU V. 3 *ter*. — *Fac-simile* du tableau fourni par le programme d'interprétation paléonto-stratigraphique pour l'échantillon du Tinrhert Ot 105, 235 m (série argilo-gréseuse sus-jacente au Taouratine supérieur). Colonne 14 = « Cénomanien » de l'Extrême-Sud tunisien.

Source : MNHN, Paris

En conclusion, les considérations statistiques permettent en général d'obtenir — l'exemple cité le montre bien — à partir de populations peu « caractéristiques » qualitativement, une indication stratigraphique relativement précise fondée sur la composition sociologique du tapis végétal aux diverses périodes, donnée naturelle différente mais complémentaire de la floristique proprement dite qui, elle, détermine les échelles qualitatives. Associant les considérations qualitatives (présences) et quantitatives (fréquences) le programme d'interprétation paléonto-stratigraphique fournit ainsi à partir d'un fichier suffisamment alimenté, un âge ou une corrélation géologique instantanée ; il est inutile de souligner l'intérêt industriel d'une telle application dans les travaux géologiques de sub-surface.

II. — RÉSULTATS PALÉOBOTANIQUES

Nous avons vu dans le chapitre IV relatif à la systématique quelles étaient les difficultés de l'interprétation botanique des spores et des pollens dispersés dans les sédiments anciens. L'incertitude de l'appartenance botanique n'est cependant pas totale pour de nombreuses spores du Secondaire ; dans d'assez nombreux cas, il est possible d'avancer le nom d'un ordre ou d'une famille fossile ou encore actuelle, voire d'un genre. Pour les pollens également, on peut évoquer un ordre ou une famille en se référant soit aux caractères morphologiques et structuraux, soit, pour les pollens inaperturés — et si l'on accrédite le point de vue développé dans ce travail —, aux caractères sculpturaux de l'exine. Par ailleurs, le Mésozoïque du Nord de l'Afrique a livré de nombreux fossiles végétaux et l'on sait l'énorme abondance de bois silicifiés (morceaux à troncs d'arbres entiers) rencontrés dans certains niveaux au Sahara (base du Barrémien dans l'Extrême-Sud tunisien par exemple). Il est donc intéressant de faire le point des renseignements qu'apporte la palynologie tant dans le domaine de la paléobotanique que dans celui de la paléophytosociologie (c'est-à-dire de l'évolution qualitative et quantitative de la végétation au cours des diverses périodes du Secondaire) et de confronter ces renseignements aux connaissances actuelles sur la paléobotanique saharienne.

Après quelques considérations générales sur la valeur des résultats palynologiques dans ces domaines, je brosserai donc un tableau de l'histoire de la végétation de l'hinterland saharien entre le Trias moyen et le Turonien, telle qu'elle peut être déduite de ces résultats et des données de la macro-paléobotanique.

A. — Considérations générales.

1. — *Valeur des résultats quantitatifs dans la reconstitution phytosociologique.*

Nous avons vu dans le chapitre II comment non seulement le nombre absolu des spores et pollens mais aussi la proportion des diverses espèces varient selon les milieux de dépôts, les coordonnées géographiques, les faciès, etc... Les reconstitutions phytosociologiques ne peuvent donc être déduites de résultats ponctuels. Ainsi l'extrême pauvreté palynologique des sédiments de la Province Occidentale par exemple n'implique pas nécessairement l'existence d'un désert végétal permanent dans cette région au cours du Secondaire ; elle est due aux conditions de genèse de ces sédiments, nous le verrons. De même la grande richesse palynologique de l'Extrême-Sud tunisien au Jurassique supérieur notamment, s'explique, nous le verrons aussi, par des apports fluviatiles d'origine lointaine plutôt que par l'existence sur place d'une exhubérante végétation. Il est donc impérieux de considérer les résultats d'ensemble des régions étudiées plutôt que chacune d'elles séparément.

L'interprétation de tels résultats pose toutefois un problème d'ordre biologique. Les proportions des diverses espèces polliniques traduisent-elles les réelles importances sociologiques des taxons producteurs ? Nous avons vu (chapitre II) que plusieurs phénomènes biologiques interviennent : disparité de production de grains selon les espèces végétales, mode de dispersion, corrosion différentielle des espèces de spores ou de pollens au cours de la fossilisation.

Source : MNHN, Paris

a. — Le principal élément d'incertitude dans l'évaluation de l'importance phytosociologique des taxons producteurs est le fait que les disparités originelles de production sporo-pollinique nous restent inconnues. Or nous savons combien celles-ci peuvent être grandes dans le monde actuel. P. Jaeger (1959) cite deux chiffres spectaculaires : l'Oseille et l'Absinthe sont deux espèces au pollen anémogame ; l'inflorescence de la première produit 400 millions de grains, celle de la seconde 25.000. En ce qui concerne les rares végétaux vivant encore actuellement et dont les groupes étaient déjà représentés au Secondaire on a peu de données précises : on sait que le cône du *Cycas revoluta L.* produit des millions de grains emportés par le vent. D'ailleurs, les espèces au pollen anémogame libèrent en général de grandes quantités de grains. Les Conifères telles que les Cupressacées, les Taxacées, les Araucariacées, les Abiétacées — familles bien représentées dans le Mésozoïque saharien — ont un pollen anémogame. Par contre quelques Gnétacées actuelles telles que *Ephedra campylopoda* et *Welwitschia mirabilis* ont une pollinisation entomogame (par les insectes).

b. — Corrosion des spores et des pollens.

La corrosion est très variable selon le milieu terrestre où le grain s'est déposé. Elle est due aux agents atmosphériques et biologiques ou bio-chimiques et son aboutissement peut être la disparition totale du grain. Quel est son processus et quels en sont les facteurs déterminants ?

F. Zetsche et O. Kälin remarquent dès 1931 que les pollens de *Picea* et de *Pinus* sont oxydés et détruits par une simple exposition prolongée à l'air. Ce phénomène a également lieu au sein d'un sol ou d'un sédiment très aéré (sol sablonneux ou graveleux, sable...). Pourtant certains sols boueux (donc peu aérés) à haute activité biochimique « digèrent » également les pollens. Les études fondamentales sur la corrosion du pollen sont peu nombreuses et peu étoffées. A. J. Havinga (1967) a montré que de nombreuses espèces polliniques sont mieux conservées dans la glaise de rivière que dans le terreau et que la corrosion est bien plus forte dans ces deux milieux que dans les « podsols » par exemple. D'une manière générale on sait tout de même aujourd'hui :

1) que la propension à la corrosion est variable selon les espèces polliniques.

2) que pour une espèce donnée cette propension dépend elle-même des caractéristiques du sol ou du sédiment en formation, sièges d'actions chimiques ou biochimiques variables.

Il est impossible de préciser et *a fortiori* de chiffrer tous ces microphénomènes, mais il est évident qu'une énorme partie des spores et des pollens est corrodée et disparaît à la surface des roches ou au sein des sols. Seuls les grains emportés dans un délai assez court par les eaux de ruissellement, puis les cours d'eau, vers des lieux de sédimentation favorables (c'est-à-dire peu oxygénés et à faible activité biochimique) seront fossilisés. Ils ne constituent donc finalement qu'une petite partie d'ailleurs variable d'une production originelle elle-même variable selon les espèces.

c. — En conclusion, compte tenu de ces facteurs inchiffrables (production, corrosion, diffusion orientées) que penser de l'interprétation phytosociologique à partir des données palynologiques ? On peut admettre que ces dernières révèlent principalement les végétaux grands producteurs de pollen. Dans le monde actuel en effet ces grands producteurs (en général aussi de grands dispersants de pollen par le vent) sont, écrit P. Jaeger (1959), « le plus souvent des espèces sociales qui se groupent pour constituer ces formations bien connues que nous appelons prairies, forêts... et qui biologiquement se distinguent par leur richesse en individus et leur pauvreté en espèces : c'est le cas de nos forêts de résineux... ». Il est probable qu'il en fut de même au Secondaire tant en ce qui concerne les Ptéridophytes que les Ptéridospermées ou les Gymnospermes car nous verrons que les deux derniers caractères indiqués par P. Jaeger, richesse en individus, pauvreté en espèces, se retrouvent dans les spectres sahariens.

Malgré toutes les incertitudes énoncées ci-dessus, les données palynologiques quantitatives restent, par leur caractère statistique, les plus valables en vue des restitutions paléophytosociologiques, surtout lorsqu'il s'agit d'une vaste région. La fossilisation du macro-végétal est en effet encore plus aléatoire que celle du pollen à la nature chimique infiniment plus résistante. Les petites espèces peu ligneuses sont détruites bien avant les troncs d'arbres qui dans les résultats d'ensemble sont énormément sur-représentés. Plus aléatoire aussi parce que si le hasard ne met pas le morceau de bois dans des conditions particulières d'épigénie, celui-ci disparaît. Enfin c'est la découverte du macrofossile elle-

Source : MNHN, Paris

même qui est accidentelle : seuls quelques individus mis à jour sur la surface d'affleurement par l'érosion naturelle sont déclables.

2. — *Affinité botanique des espèces palynologiques du Mésozoïque saharien.*

Cette affinité ne peut être recherchée qu'à travers des comparaisons morphologiques, c'est-à-dire d'après la ressemblance avec des pollens actuels ou retrouvés *in situ* dans les organes fructifères de plantes fossiles. Je me réfèrerai principalement aux opinions de R. A. Couper 1953 et 1958, et je considèrerai les espèces intéressantes dans l'ordre des groupes morphologiques. En ce qui concerne les indications relatives aux groupes morphologiques macrofossiles du Mésozoïque de l'Afrique nord-équatoriale ma principale référence est la mise au point de G. Batton 1964 sur les connaissances en ce domaine.

a. — Parmi les **trilètes lisses** le groupe le plus important est celui des *Gleichenidites* (TL 25 et TL 28) et des *Plicifera* (TL 16). N. A. Bolchovitina (1967) qui a creusé cette question considère que ce sont des spores de Gleicheniacées pour la plupart ou parfois de Cyatheacées. Précisément des Gleicheniacées du genre *Cladophlebis* ont été trouvées en Égypte dans des couches du Jurassique (El Galala — El Bahariya), dans la série de Taouratine, en Lybie (Messak Settafet), en Tripolitaine.

L'espèce *Cyathidites minor* (TL 31) aurait été produite selon R. A. Couper (1958, p. 139, Text-fig. 9) par une Dicksoniacée pouvant être soit du genre *Dicksonia*, soit des genres *Eboracia* ou *Coniopteris* (rangé dans les Equisetales par G. Batton 1965). Notons que A. Carpentier et G. Lucas (1938) ont trouvé *Coniopteris sp.* et *Coniopteris* aff. *hymenophylloïdes* dans le Kimméridgien probable du Ghar Rouban (frontière algéro-marocaine).

L'espèce *Calamospora mesozoïca* (TL 1) serait un vestige du Primaire attribuable à une Calamariacée ou une Equisetacée du genre *Neocalamites* (R. A. Couper 1958). *Todisporites minor* (TL 4) serait attribuable à une Osmondacée, probablement du genre *Todites* voire de l'espèce *Todites princeps* (Presl.) Gothan ou *T. williamsonia* (Brongn.) Seward. Cette dernière espèce est d'ailleurs trouvée dans le Jurassique d'Égypte et la série de Taouratine.

Les *Matonisporites* se rapportent probablement à la famille des Matoniacées. D'après R. A. Couper 1958, six espèces fossiles de cette famille et au moins une espèce actuelle ont des spores du type *Matonisporites* ; *M. equiexinus* (TL 10) serait attribuable à *Matonidium goepperti* (Ett.) Schenk ou à *Phlebopteris anguskiloba* (Presl.) Hirmer et Hoerhammer, alors que *Matonisporites phlebopteroides* (TL 46) serait attribuable au genre *Phlebopteris*. Des fossiles de genre ont été trouvés dans le Jurassique d'Égypte et du Messak Settafet en Lybie (*P.* aff. *muensteri* Schenk).

Les spores des genres *Lygodiumsporites* ou *Leiotriletes* sont d'affinité botanique très incertaine.

b. — Les *trilètes à périspores* sont peu nombreuses. Certaines sont probablement des spores de Selaginelles, d'autres de Filicales ; *Lygodiidites balmei* (TL 18) serait attribuable à une Schizeacée peut-être du genre *Lygodium* d'après S. J. Pocock (1964).

c. — Les *trilètes verruqueuses* sont très variées et pourtant souvent très difficiles à attribuer à une famille de Filicales précise ; en effet dans presque toutes les familles il existe des espèces à spores verruqueuses. Il est probable que nombre d'entre elles représentent des Schizeacées ou des Dicksoniacées (les genres *Lygodium*, *Dennstaedia*, *Pteris* sont fréquemment cités par N. A. Bolchovitina 1953 et 1956 ; toutefois la plupart de ces magnifiques espèces de spores sont classées par Couper parmi celles dont l'affinité est incertaine.

d. — Parmi les *triletes apiculati*, les espèces du genre *Osmundacidites* sont attribuables d'après R. A. Couper 1953 et 1958 à des Osmondacées.

e. — Les *trilètes cicatricosées* : plusieurs auteurs (N. A. Bolchovitina 1956, R. A. Couper 1958, N. F. Hugbes et J. C. Moody-Stuart 1959) sont d'accord pour attribuer ces spores à un groupe de la famille des Schizéacées comprenant les genres *Ruffordia*, *Pelletieria*, *Schizeopis*, *Mohria*, *Anemia*. Pour plusieurs espèces fossiles des trois premiers genres, les spores ont pu être observées *in situ* dans le Crétacé inférieur anglais ou américain. Il faut par contre noter que ces spores sont très rares dans le Mésozoïque saharien et que précisément, aucune espèce macrofossile des genres cités ci-dessus n'y a été trouvée.

Source : MNHN, Paris

f. — Parmi les *trilètes réticulées* ou à *rugules* les genres *Ichyosporites* ou *Klukisporites* seraient à attribuer à des Schizeacées des genres *Stachypteris* ou *Klukia*.

g. — Parmi les *Monolètes*, certaines ont été vraisemblablement produites par des Schizcacées, telles que *Schizea punctata* (MV 8), d'autres par des Polypodiacées, telles les *Polypodiisporites* (MV 10) ou les *Verrucatosporites* (MV 1).

h. — Les pollens.

F. Staplin, S. J. Pocock et J. Jansonius (1967) ont étudié les relations parmi les pollens fossiles de Gymnospermes et tenté d'en retrouver l'affinité botanique, mais leur point de vue est très discutable.

Pour les pollens inaperturés, je renvoie le lecteur au chapitre IV de ce travail (systématique) où j'ai largement débattu du problème de l'appartenance botanique et où j'ai créé trois genres basés sur la sculpture de l'exine et évoquant une appartenance probable aux familles suivantes : Taxacées, Cupressacées, Araucariacées. Les pollens autres que ceux qui entrent dans l'un de ces trois genres sont considérés comme d'affinité botanique inconnue.

En ce qui concerne les *Disaccites*, si on se réfère aux travaux de J. Townrow (1962) il semble que les espèces sahariennes du Trias et du Jurassique inférieur et moyen soient attribuables à des Pteridospermales ou des Caytoniales.

Les *Zonalapollenites* seraient, d'après les découvertes *in situ* de J. S. Gamero et S. Archangelsky (1967) des pollens de certaines Podocarpacées fossiles (les Podocarpacées actuelles ont toutes des pollens à ballonnets).

Les *Enzonalapollenites* triasiques n'ont pas d'affinité botanique connue ; Leschik 1955 les attribue à des Conifères mais il n'est pas impossible qu'ils aient été produits par des Ptéridospermales.

Les *Classopolis* sont l'élément permanent et dominant du Mésozoïque saharien depuis le Trias supérieur au Turonien. On sait que les genres fossiles *Brachyphyllum*, *Pagiophyllum* et *Cheirolepis* fournissent des pollens de ce type. P. D. W. Barnard (1968) a tenté par l'étude des cônes de situer ces fossiles parmi les Conifères en les comparant aux cônes de Taxacées en particulier. Ses conclusions ne sont pas formelles. J'ai moi-même émis une opinion au sujet de la signification botanique de ces pollens particuliers sur la foi des caractères structuraux (Y. Reyre 1970) : ils représenteraient une famille de Conifères entièrement fossile et différente de toutes les familles actuelles.

B. — Évolution de la végétation saharienne au cours du Secondaire.

La figure V. 2 schématise l'évolution de la microflore saharienne au cours du Mésozoïque d'après l'importance des grands groupes morphologiques sporo-polliniques. J'utiliserai ce tableau pour brosser une histoire de la végétation dans l'hinterland sabarien, en considérant les périodes successives depuis le Trias jusqu'au Sénonien.

1. — *Le Trias.*

Au cours du Muschelkalk inférieur et moyen, le fond de la flore était probablement constitué par des **Ptéridospermées**. Ceci est attesté par les nombreux pollens biailés dont plusieurs espèces sont très voisines de pollens trouvés *in situ* dans des cônes d'individus du genre *Pteruchus* en particulier, genre rencontré précisément en Afrique méridionale et centrale de même qu'en Australie. Au Muschelkalk supérieur, apparaissent des **Conifères** de position systématique incertaine, peut-être voisins des **Taxacées** (P. D. W. Barnard 1968) : ceux qui correspondent au genre pollinique *Classopolis* (Pflug) Reyre. Ces conifères dont le nombre d'espèces devait être relativement élevé (10 espèces polliniques au Trias) prennent une importance croissante jusqu'au Rhétien-Hettangien, période à laquelle disparaissent pratiquement les Ptéridospermées et apparaissent, avec les premières espèces de *Zonalapollenites* (J. S. Gamero et S. Archangelsky 1957), un groupe de **Podocarpacées**. Au cours de ce Trias se maintient, avec une importance variant peu, une flore particulière qui, en debors des Gleicheniacées, est difficile à reconnaître, flore ayant produit des spores trilètes réticulées (Lycopodiacées ?), des spores monolètes lisses ou ornementées (Polypopodiacées), des *Camerosporites* et des *Enzonalasporites*, spores d'affinité botanique totalement inconnue.

Source : MNHN, Paris

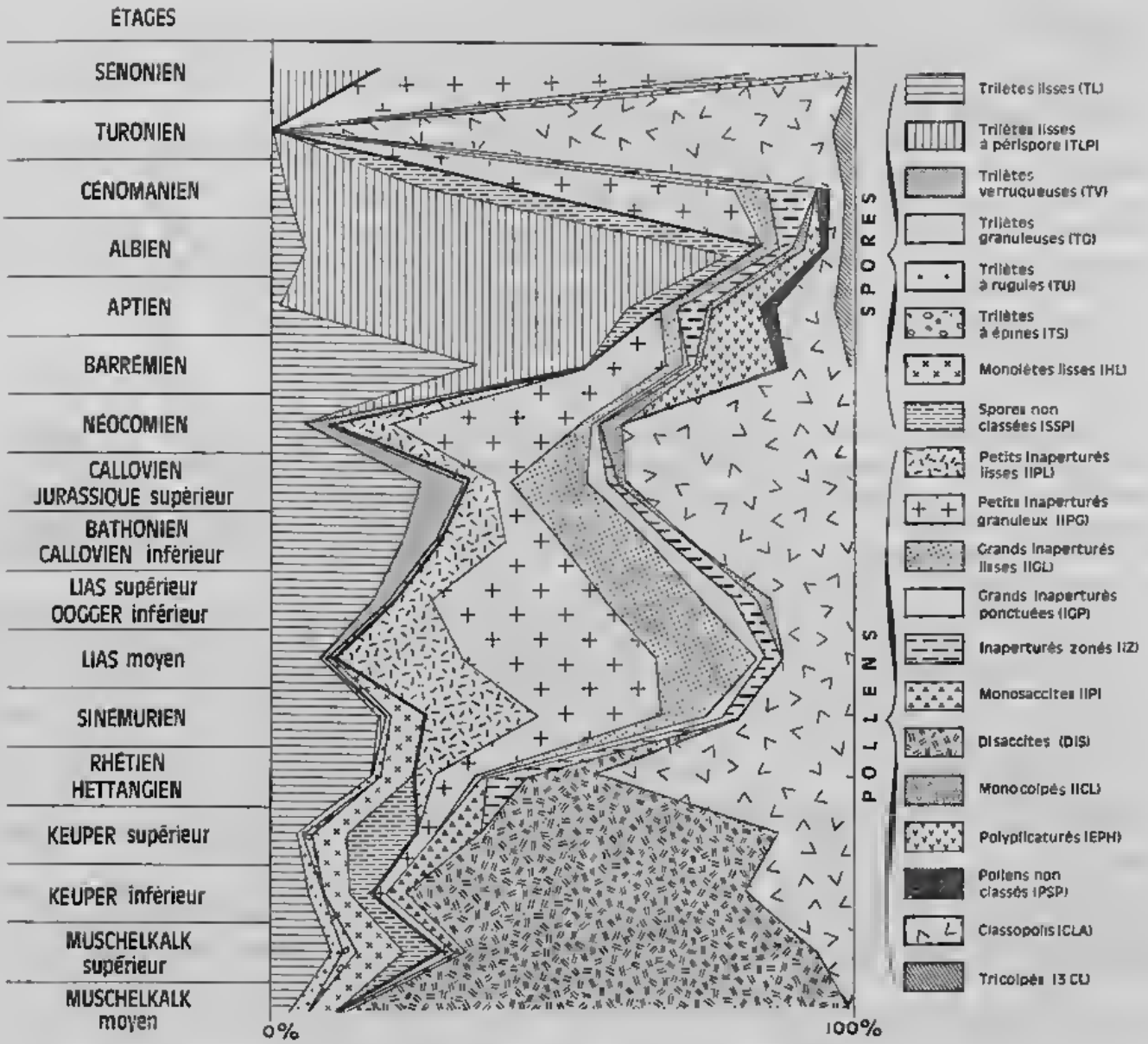


FIG. V. 2. — Évolution de la microflore saharienne entre le Trias moyen et le Sénonien (valeurs moyennes pour l'ensemble des provinces).

Source : MNHN, Paris

Notons enfin qu'à partir du Keuper apparaissent de petits pollens inaperturés granuleux attribuables, sans certitude, à des Taxacées ou des Cupressacées.

2. — *Le Jurassique.*

Tout au cours du Jurassique, le fond de la flore est constitué par les Conifères qui montrent à cette période une grande diversité de familles et d'espèces.

Avec le Lias, apparaissent et se multiplient, les pollens attribuables aux **Araucariacées** et aux **Cupressacéas** — tandis que se maintiennent en importance faible les **Podocarpacées** —, ces familles prenant une importance maxima au Lias moyen et supérieur, au détriment des Conifères correspondant aux *Classopolis* dont la diversité des espèces est très réduite à cette période. Parallélement l'importance des **Gleicheniacées** augmente sensiblement par rapport au Trias.

A partir du Dogger et durant tout le Jurassique supérieur, les Conifères sont toujours largement dominants, mais la flore de Filicales se trouve représentée avec une extrême diversité. Se reconnaissent alors, les familles suivantes : **Gleicheniacées**, **Matoniacéae**, **Cyathéacées**, **Osmondacées**, **Schizéacéee**, **Dickeoniacées**, chacune de ces familles étant probablement représentée par un très grand nombre d'espéces, nombre atteignant son maximum à la limite du Jurassique-Crétacé, époque où disparaissent à peu près les Podocarpacées (correspondant aux *Zonalapollenites*) et où se réduit singuliérement l'importance des Araucariacées, au profit des Conifères correspondant aux *Classopolis*.

3. — *Le Crétacé.*

Au cours du Néocomien, à côté d'une grande richesse en Filicales, il faut noter l'importance maxima des pollens attribuables à des **Taxacées**, groupe qui constituait une part trés importante du fond végétal de cette époque. On observe parallèlement une importance non négligeable des pollens monocolpés attribuables, plus ou moins dubitativement, les uns à des **Cycadales** ou des **Ginkgoales**, les autres à des **Bennattitales**, tandis que les Conifères correspondant aux *Classopolis* gardent toujours une grande importance phytosociologique.

Avec le Barrémien, apparaît un net changement de la flore. On observe, d'une part un renouvellement des espèces de *Classopolis*, d'autre part l'apparition brutale de spores particuliéres typiquement africaines : les *Perotrilites perinopustulosus* Reyre, dont l'affinité botanique est inconnue. Tandis que Taxacées et Araucariacées ne sont plus représentées que par quelques rares espèces, apparaissent, avec une notable importance, les pollens attribuables aux **Ephedralee** et aux **Gnétalee**.

Au cours de l'Aptien et de l'Albien, la composition générale de la végétation se maintient mais d'autres spores typiquement africaines apparaissent : les *Elaterosporites*, les *Senegalosporites*. C'est aussi à l'Aptien qu'apparaissent les pollens du genre *Tricolpites* attribuables aux **premiers Angiospermes**.

A partir du Cénomanien, on n'a plus de la végétation de l'hinterland saharien qu'une image trés déformée en raison de l'envahissement du domaine marin. Le seul fait remarquable est l'extinction, avec une espèce pollinique particulièrement grosse et belle, *Classopolis jardinei* R.K.P., de ce groupe de Conifères toujours anatomiquement inconnu bien qu'il ait été le plus important et le plus constant groupe végétal du Secondaire.

III. — RÉSULTATS PALÉOGÉOGRAPHIQUES

Nous avons vu dans le chapitre II quelle image on pouvait se faire de la répartition théorique des diverses catégories de spores et de pollens ainsi que de celle des Acritarches et des Microforaminifères chitineux selon les milieux de dépôt. Nous avons également cité les groupes palynologiques pouvant revêtir une signification paléogéographique et rappelé quelles étaient les fréquences les plus expressives dans le passage du continental au marin (B. de Jekhovsky 1964). Il s'agissait là de con-

Source : MNHN, Paris

sidérations relatives à un schéma sédimento-géographique également théorique — tous les milieux sont représentés dans un passage progressif du continental « sub-aérien » au marin pélagique — mais surtout « instantané », c'est-à-dire correspondant à un temps restreint où les conditions géographiques se seraient maintenues identiques en chaque point. L'identification de tels épisodes sédimentaires correspondant à une phase quasi instantanée n'est naturellement pas possible en pratique et spécialement à l'échelle de la région saharienne étudiée. Seules peuvent être mises en équivalence stratigraphique de grandes formations ou unités. Or si l'on en juge par les nombreuses alternances de faciès dans les coupes de la plupart de ces unités il apparaît qu'en tous les points de la plate-forme saharienne les conditions paléogéographiques étaient sans cesse soumises au jeu permanent des effets antagonistes : influence marine et influence continentale en particulier.

Dans ces conditions la seule recherche paléogéographique envisageable à l'aide de la Palynologie est la détermination au point des sondages étudiés, du milieu de dépôt qui a dans l'ensemble prévalu au cours de l'intervalle considéré ou des milieux qui y ont alterné.

A. — Recherche pragmatique des données palynologiques utilisables.

1. — *Données qualitatives.*

Nous avons vu que les spores et les pollens se dispersent aussi bien sur les continents que dans les mers — et les milieux intermédiaires — de sorte que leur présence dans un sédiment n'est indicatrice d'aucun milieu précis. Il n'en est pas de même des Microforaminifères chitineux et Acritarches. On peut considérer que la présence des premiers indiquent un milieu marin ; celle des seconds un milieu marin ou un milieu saumâtre, ce dernier caractérisant le domaine lagunaire intermédiaire entre le milieu continental (c'est-à-dire celui des eaux douces) et le milieu marin salé. La présence d'Acritarches sans Microforaminifères ne permet donc pas de distinguer d'une manière certaine le milieu marin du milieu saumâtre mais on peut admettre comme hypothèse de recherche qu'une série d'échantillons successifs contenant toujours des Acritarches et jamais de Microforaminifères provient *très probablement* de niveaux saumâtres laguno-intermédiaires. De même, si d'une manière rigoureuse un échantillon ne contenant ni Microforaminifére ni Acritarche peut n'être pas continental, on peut prendre comme hypothèse de recherche dans le Mésozoïque saharien qu'une série de tels échantillons successifs provient très probablement de niveaux continentaux.

2. — *Les données quantitatives.*

Ce sont celles qui résultent des comptages effectués sur les préparations, comptages permettant l'établissement de fréquences absolues et relatives des groupes de microfossiles.

Nous avons vu que les données palynologiques étaient variables selon les faciés et que ceux-ci peuvent varier ou alterner dans une formation donnée ; il convient donc de tenir compte de résultats moyens de la formation et non de résultats ponctuels. D'ailleurs les cuttings sont eux-mêmes des échantillons moyens d'une tranche de la formation. Nous considérerons dans ce qui suit les résultats cumulés de tous les échantillons de la formation prélevés sur une même coupe.

Comparons quelques fréquences absolues ou relatives concernant deux sondages situés dans deux provinces différentes (Fig. V. 3) : Sb 1 de l'Extrême-Sud tunisien et Pg 1 de la Province Septentrionale.

Entre le Bathonien compris et le Barrémien, alors que Sb 1 traverse des séries où alterneraient des passées marines et des passées jugées sur les données lithologiques continentales, ou de milieu de dépôt mal défini, Pg 1 traverse des séries de marin franc ; on admet aussi que les séries marines de Sb 1 sont plus littorales que leurs équivalentes en Pg 1. On peut observer d'après les résultats relatifs à ces deux sondages quelques caractéristiques palynologiques intéressantes.

a. — *La fréquence absolue moyenne des spores et des pollens* (éléments d'origine terrestre) dans chacune des unités considérées est de 10 à 15 fois plus importante dans les séries « littorales » de l'Extrême Sud tunisien que dans les séries « marines » du Nord Sahara. Par contre nous verrons que dans les séries

Source : MNHN, Paris

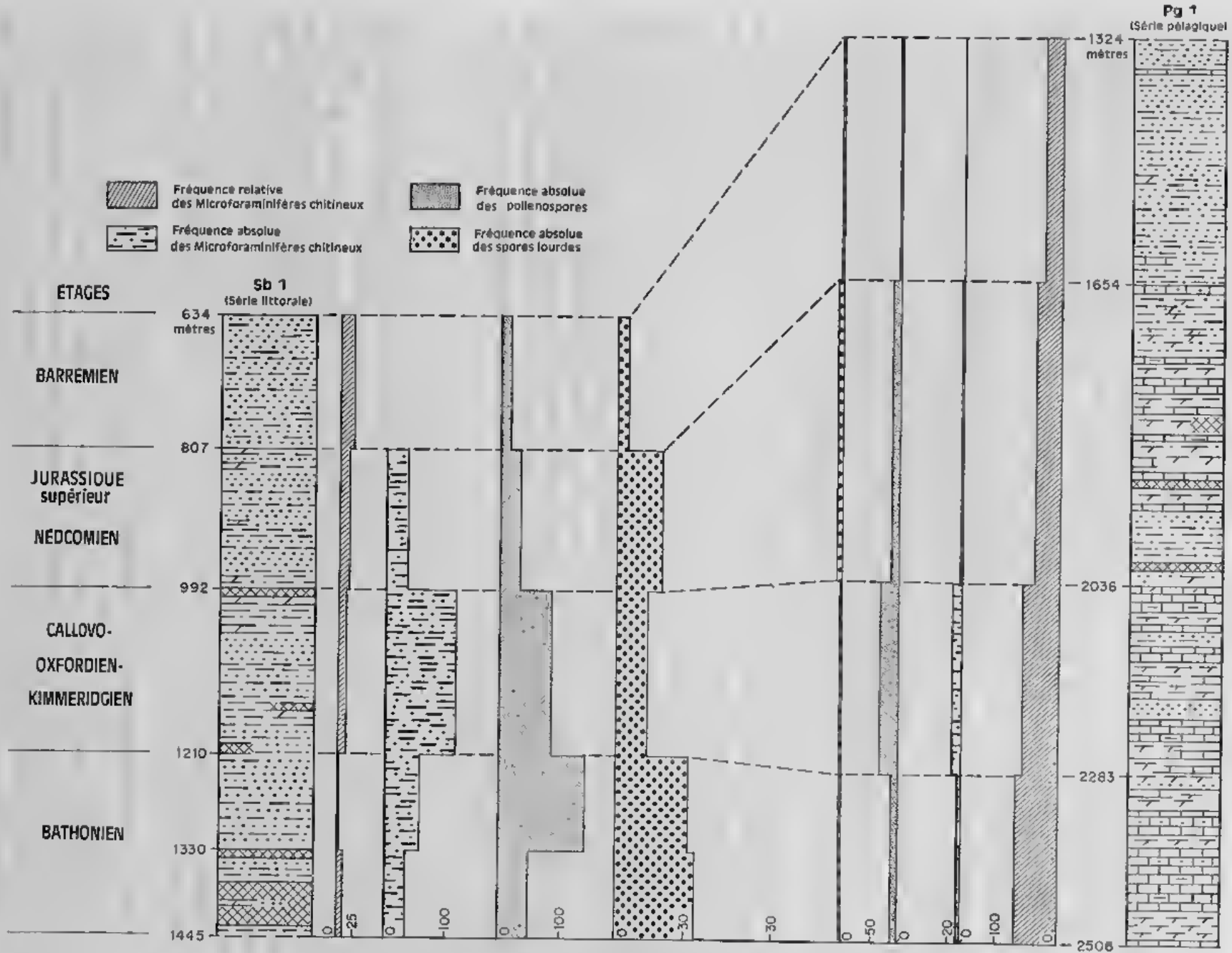


FIG. V. 3. — Comparaison du contenu palynologique d'une série littorale (Sb 1, Extrême-Sud tunisien) et d'une série pélagique (Pg 1, Province Septentrionale) dans l'intervalle Bathonien-Barrémien.

Source : MNHN, Paris

assez marginales du Gassi-Touil (Mf 101) cette fréquence est égale ou même plus faible qu'en Pg 1 et dans les séries gréseuses grossières de Dea 1 cette fréquence est pratiquement nulle.

b. — Dans toutes les unités *la fréquence absolue moyenne des Microforaminifères* est de très loin plus élevée en Sb 1 qu'en Pg 1. Ainsi les niveaux réputés marins (d'après la lithologie) de l'Extrême Sud tunisien sont d'autant plus riches en Microforaminifères que leur importance dans la série est faible comparée à la série entièrement marine de Pg 1. Nous verrons que cette fréquence devient nulle dans les séries très marginales et très gréseuses de Dea 1.

c. — Au contraire *la fréquence relative moyenne des Microforaminifères* par rapport à la totalité des microfossiles est nettement plus forte en Pg 1 qu'en Sb 1 et ce dans toutes les unités. Ce phénomène s'explique aisément par le fait que la fréquence absolue des spores et pollens est beaucoup plus faible dans le premier que dans le second sondage.

Par contre cette fréquence relative reste faible dans les séries assez marginales du Gassi-Touil (Mf 101) malgré une fréquence absolue de « terrestres » également faible. Elle est naturellement nulle dans les séries gréseuses grossières de Dea 1.

d. — En ce qui concerne *les fréquences relatives des différentes catégories « sédimentologiques » de spores et de pollens* (petits pollens, grands pollens, spores « légères », spores « lourdes », voir chapitre III), nous raisonnerons en considérant les variations latérales de ces fréquences pour chaque unité stratigraphique caractérisé par un « fond » microfloristique propre. Lorsqu'on considère les données d'une manière statistique, il est beaucoup plus difficile de retrouver des caractéristiques particulières aux diverses provinces sahariennes étudiées (Fig. V. 4 à V. 8). On admet que les *petits pollens* sont apportés en partie par les vents, en partie par les eaux.

Dans le Bathonien, par exemple, la fréquence relative moyenne des *petits pollens* est très faible dans le Tinrhert (séries très marginales), faible dans l'Extrême-Sud tunisien, moyenne dans le Gassi-Touil, forte dans la région d'Ouargla — Oued Mya et dans la Province Septentrionale. Dans cet intervalle on observe donc que plus on s'éloigne des zones méridionales (les séries très gréseuses sud-occidentales ne sont pas prises en considération compte tenu de l'extrême pauvreté de la microflore) plus le pourcentage des petits pollens augmente (notons cependant que ceci n'est vérifié que pour la partie inférieure du Bathonien de la Province septentrionale).

Un schéma analogue peut être retrouvé dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien, mais ici c'est la Province Centrale d'Ouargla — Oued Mya qui a le pourcentage le plus élevé ; ce dernier point doit être d'ailleurs rapproché du fait que la partie supérieure de l'intervalle ne contient pratiquement que des éléments « marins » comme si cette province avait été à cette période la moins alimentée en éléments « terrestres ».

Ainsi, si dans plusieurs unités du Mésozoïque saharien la fréquence des petits pollens est en relation avec la position géographique, selon les unités les variations latérales de cette fréquence ne s'opèrent pas toujours dans le même sens géographique : ainsi, entre l'Aptien et l'Albo-Vraconien les pourcentages moyens des petits pollens sont plus forts dans l'Extrême-Sud tunisien que dans le Gassi-Touil ou la Province septentrionale. Ce phénomène pourrait traduire les modifications de la géographie au cours du temps, mais les fréquences des petits pollens ne pourraient tout au plus qu'exprimer des degrés d'éloignement des aires continentales nourricières.

Les grands pollens et les *petites spores* montrent dans l'ensemble des pourcentages moyens très capricieux. Ce phénomène est explicable par le fait qu'il s'agit de catégories moyennes entre les petits pollens et les spores lourdes. Les *spores lourdes* ne peuvent être apportées que par les eaux continentales ou les courants marins. D'une manière générale on observe que leur fréquence relative moyenne (pour chaque unité) est forte dans le Tinrhert ainsi que dans tout le Jurassique de l'Extrême-Sud tunisien ; notons qu'il s'agit de deux provinces marginales où la fréquence absolue des spores et des pollens est grande. Dans les autres provinces la présence des spores lourdes et leur fréquence sont très variables selon les unités : dans le Jurassique, fait curieux, ces spores sont dans l'ensemble plus représentées dans la Province septentrionale réputée plus « marine » que dans les régions « centrales » d'Ouargla — Oued Mya et du Gassi-Touil. Il semble donc que des régions plus éloignées de l'aire continentale peuvent recevoir par le jeu de courants plus de spores lourdes que des régions plus proches à la sédimentation plus « autoch-

Source : MNHN, Paris

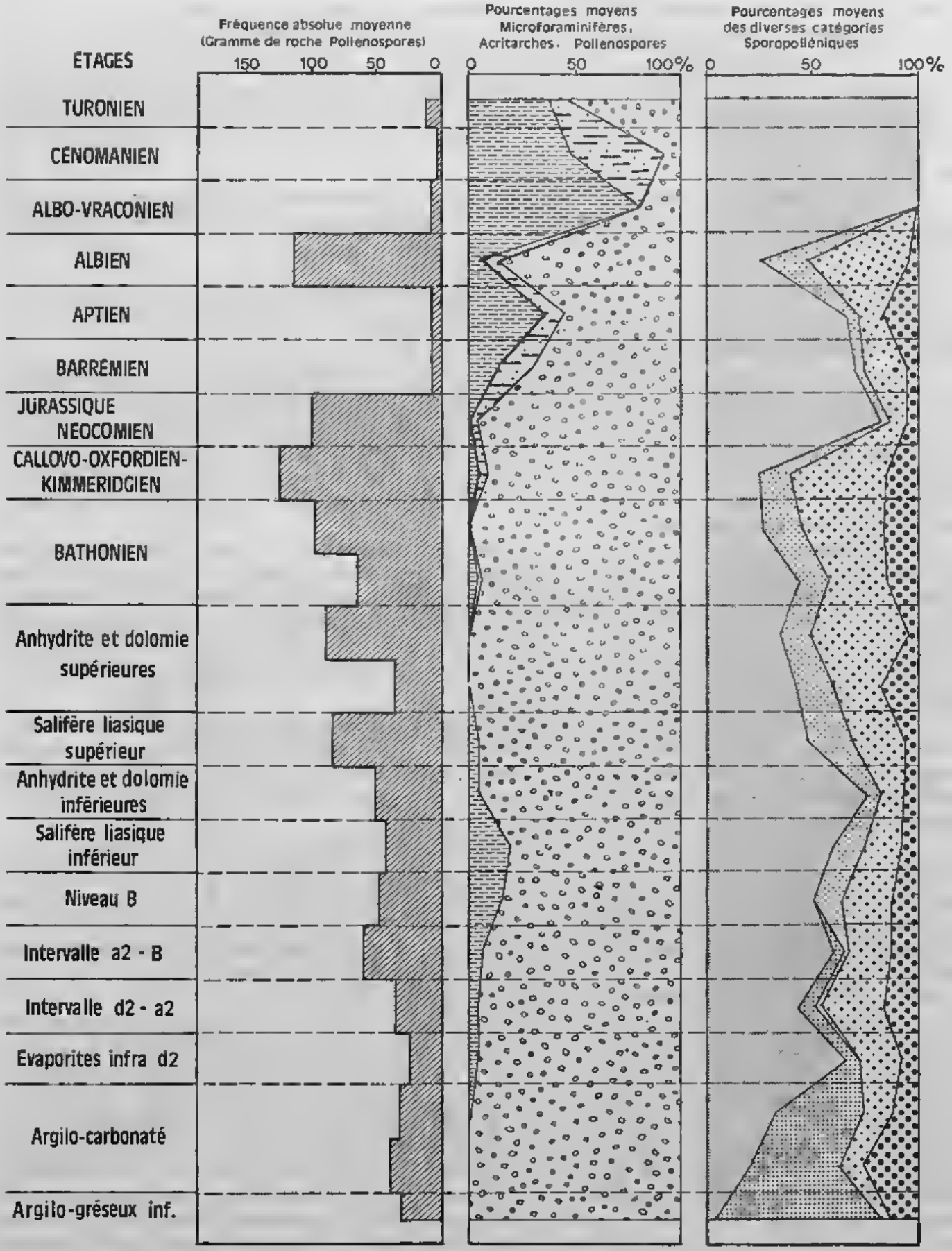


Fig. V. 4. — Caractéristiques palyno-sédimentologiques de l'Extrême-Sud Tunisien.

Source : MNHN, Paris

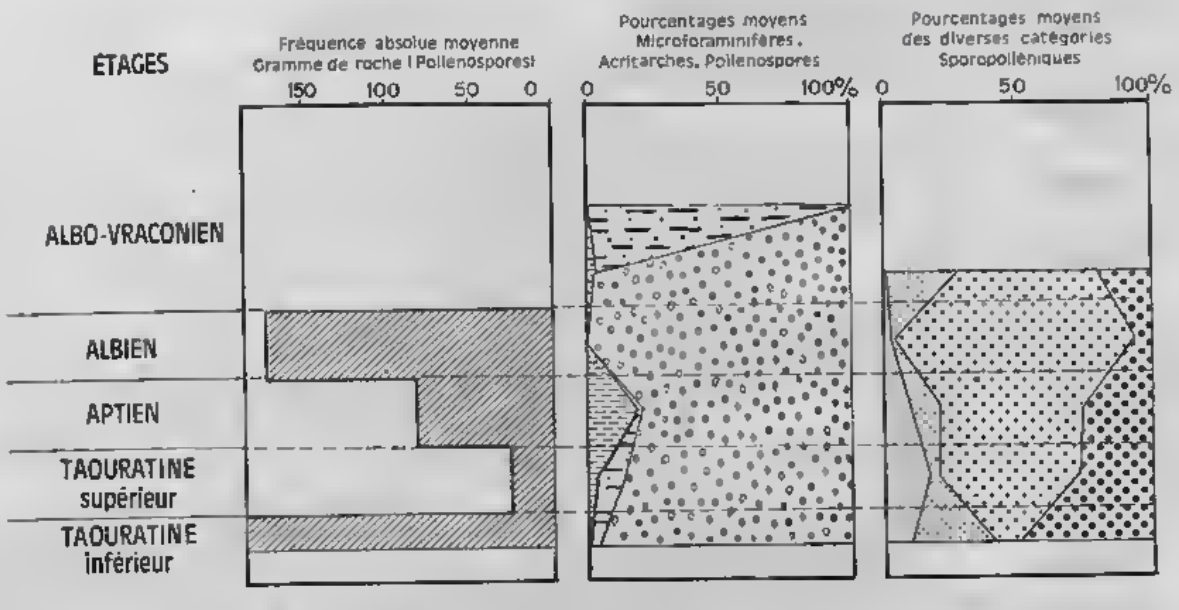
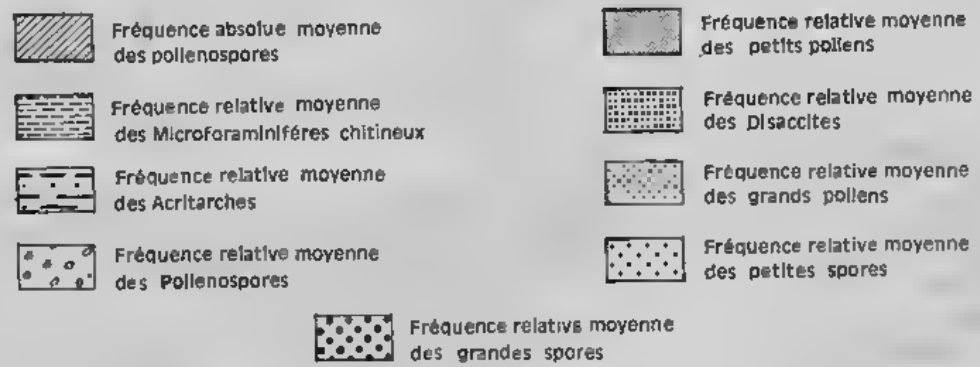


FIG. V. 5. — Caractéristiques palyno-sédimentologiques d'une série du Tinrhert (Ot 105).



Légende commune aux figures V. 4 à V. 8.

tone » ou plus confinée. En vue de reconstituer le milieu de sédimentation il est donc toujours intéressant de connaître la fréquence absolue moyenne de cette catégorie d'éléments « terrestres ».

e. — **En résumé** les résultats statistiques montrent que le phénomène de la sédimentation palynologique dans le Mésozoïque saharien est extrêmement complexe et délicat à utiliser pour la reconstitution des milieux de dépôt. Toutefois plusieurs groupes palynologiques peuvent, par leurs fréquences absolues ou relatives moyennes, fournir un certain type d'indications d'ordre sédimento-géographique. On peut admettre en particulier les points suivants :

— la fréquence absolue moyenne des pollens et des spores en un point d'une formation permet de situer ce point soit dans la zone d'apport général d'éléments d'origine terrestre, soit dans des zones particulières d'apport palynologique « terrestre » très faible ou nulle (zone marine éloignée, zone continentale sub-aérienne), soit dans une « zone d'apport local » très élevé, zone en général proche des régions fortement nourricières du continent.

— la fréquence non absolue mais relative des Microforaminifères exprime le caractère marin d'une série ; elle est inversement proportionnelle à l'influence « terrestre » parvenue dans ce milieu marin.

Source : MNHN, Paris

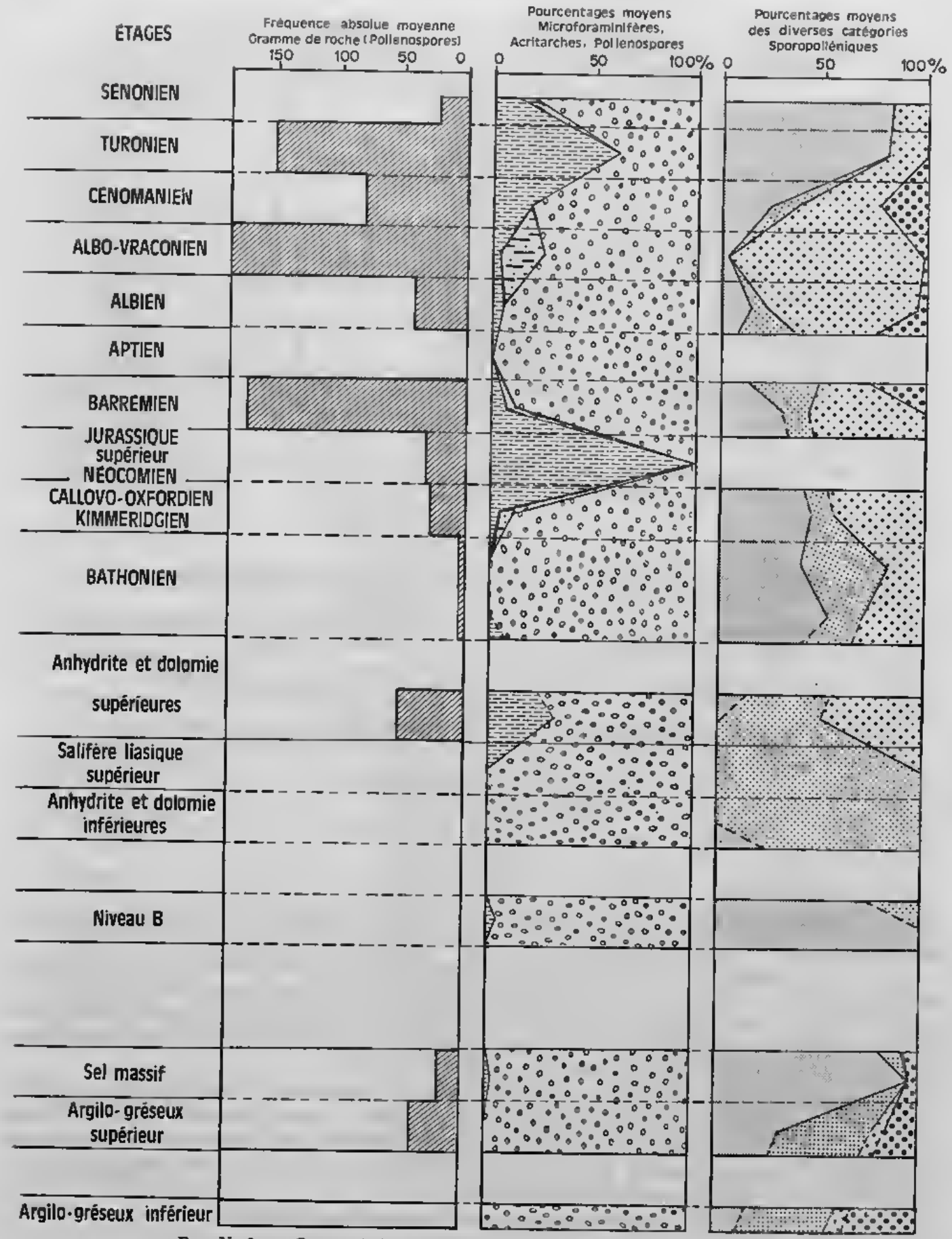


FIG. V. 6. — Caractéristiques palyno-sédimentologiques du Gassi-Touil.

Source : MNHN, Paris

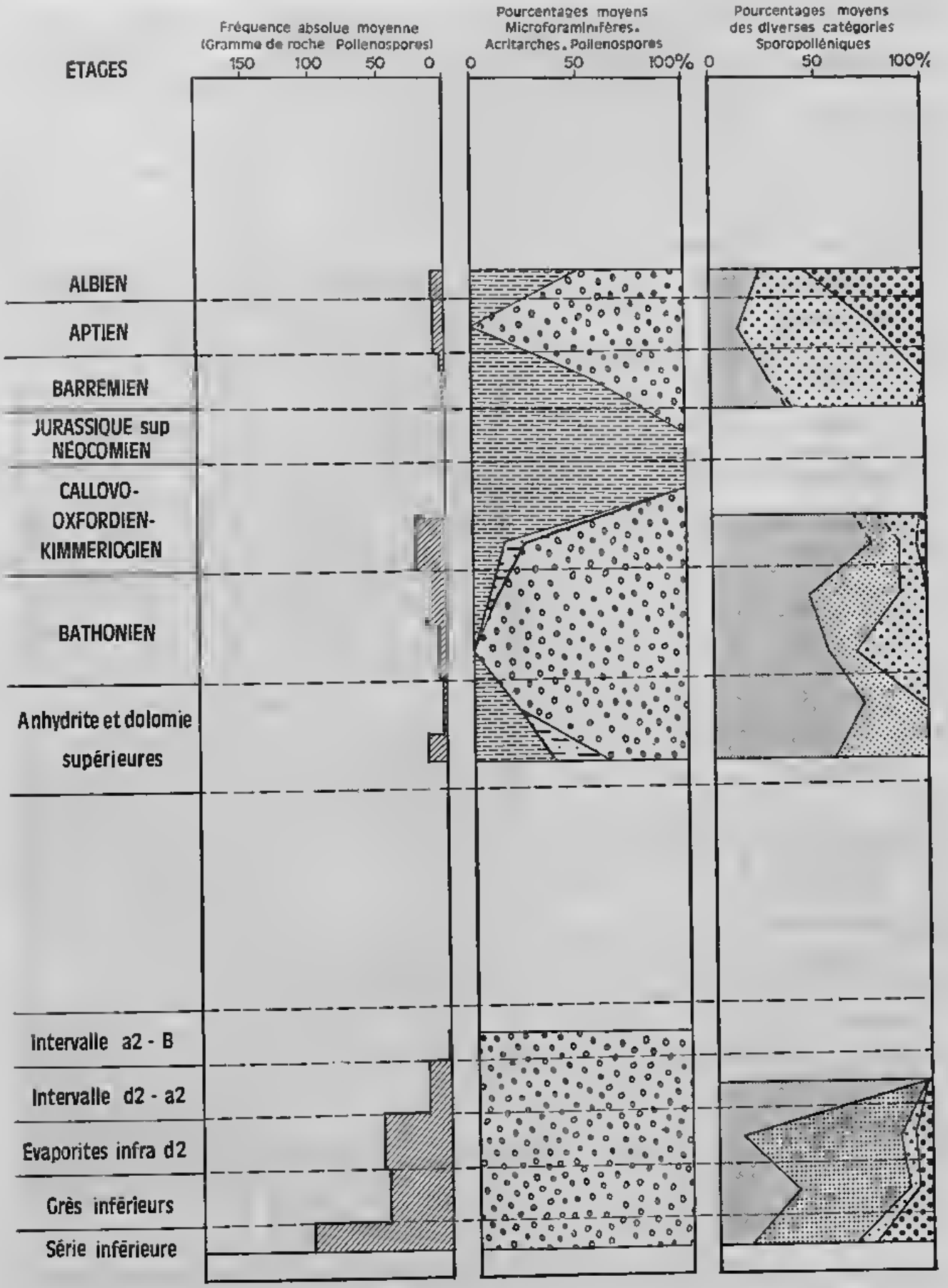


FIG. V. 7. — Caractéristiques palyno-sédimentologiques de la Province Centrale.

Source : MNHN, Paris

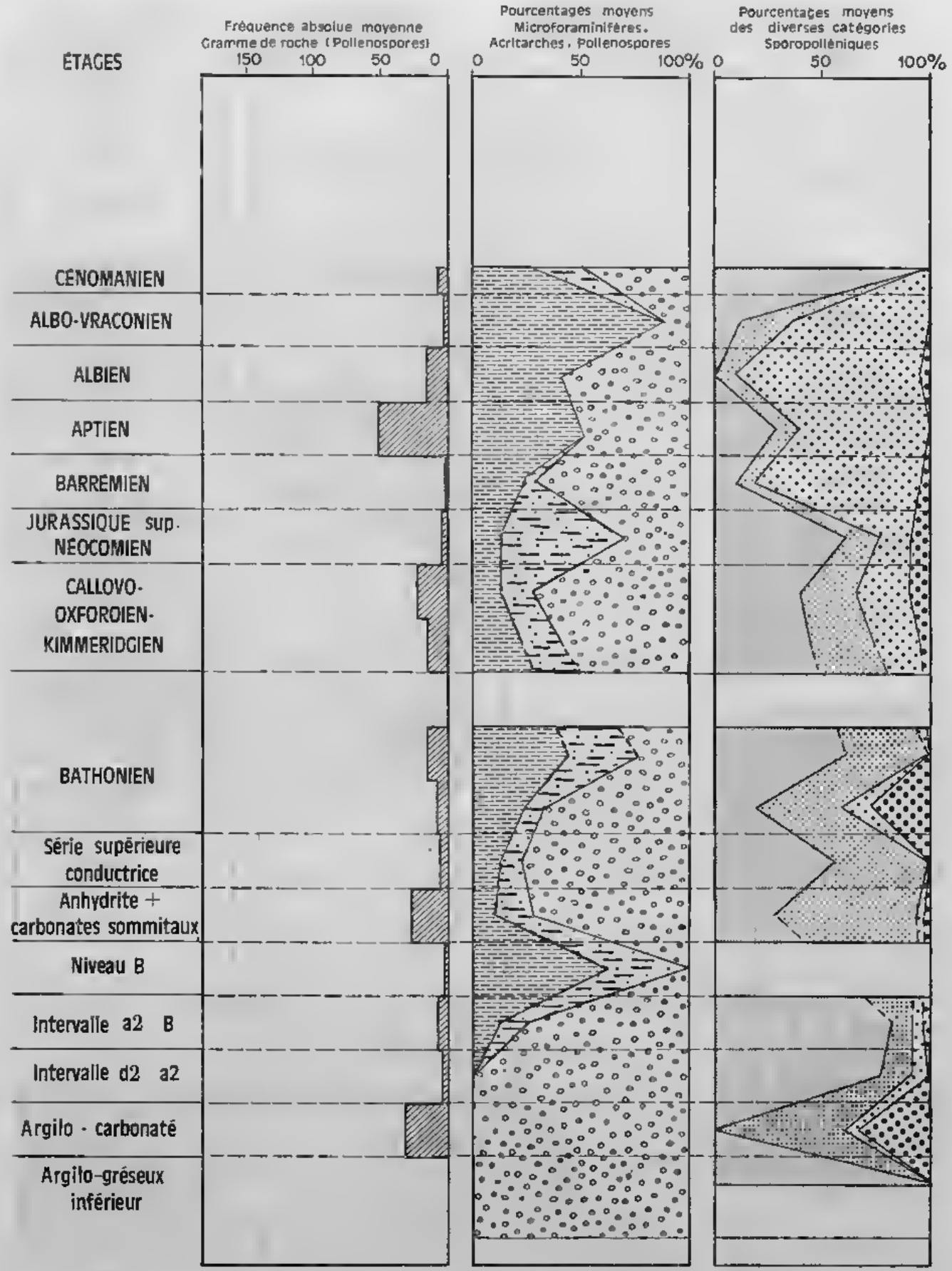


FIG. V. 8. — Caractéristiques palyno-sédimentologiques de la Province Septentrionale.

Source : MNHN, Paris

— la fréquence relative des Acritarches n'indique pas forcément un caractère plus lagunaire que marin et doit être interprétée dans chaque cas ;

— la fréquence absolue des spores lourdes indique soit la proximité de l'hinterland, soit une zone deltaïque, soit, en milieu marin éloigné, l'influence de courants prolongeant les fleuves.

C'est à partir de ces quatre interprétations générales déduites de l'analyse des spectres palyno-sédimentologiques établis globalement pour chaque province que nous allons essayer de tirer des reconstitutions paléogéographiques de la plate-forme saharienne aux divers étages. Pour chaque intervalle à l'étude il s'agira donc d'établir en chaque sondage les données statistiques indiquées ci-dessus. A ces données « moyennes » (combinant les comptages ponctuels de tous les échantillons de l'intervalle analysés dans le sondage) s'ajouterons deux données qualitatives essentielles : présence ou absence (alternée ou non) de Microforaminifères et d'Acritarches ; ces dernières mettront en place le cadre de base de la reconstitution paléogéographique.

3. — *Test d'application de la méthode palynologique dans l'intervalle Callovo-Oxfordien-Kimméridgien* (fig. V. 9).

Cet intervalle est retenu pour tester la valeur et les possibilités de la méthode envisagée ci-dessus car l'interprétation des cartes de faciès a permis à G. Busson (1970, pl. 31) d'en brosser un tableau paléogéographique qui, s'il ne délimite pas avec précision les domaines marins et continentaux, indique au moins les directions selon lesquelles ceux-ci sont de plus en plus francs.

Sur la figure V. 9 des sondages analysés sont indiqués à l'aide de différents symboles. Le carré signifie que tous les échantillons de la formation au lieu du sondage contiennent des Microforaminifères même en quantité inférieure à l'unité par gramme de roche.

Le triangle exprime qu'au moins quelques échantillons contiennent des Microforaminifères chitineux, les autres échantillons contenant pour la plupart des Acritarches, mais certains peuvent n'avoir révélé ni les premiers ni les seconds. Le cercle et le point sont réservés aux sondages dont aucun des échantillons ne contient ni Microforaminifère ni Acritarche.

On s'aperçoit immédiatement que pour les 17 sondages analysés les divers symboles se disposent en trois auréoles concentriques : les carrés dans les Provinces Septentrionale et Centrale ; les triangles dans la partie nord et est de la Province Occidentale, le Gassi-Touil et l'Extrême-Sud tunisien ; les cercles dans la partie est de l'Extrême-Sud tunisien et le Tinrhert (le sondage Ot 105 est indiqué en pointillés parce que l'âge callovo-oxfordien-kimméridgien des niveaux considérés est moins certain qu'ailleurs) ; les points enfin sont groupés dans la partie sud-ouest de la Province Occidentale. Compte tenu de la signification des symboles (nous verrons ci-dessous ce qui distingue le cercle du point), leur disposition est tout à fait compatible avec les grands traits paléogéographiques révélés par les cartes de faciès.

Quelles sont les informations complémentaires apportées par les données quantitatives moyennes ?

Autour de chaque symbole sont indiqués par des chiffres disposés dans l'ordre de rotation des aiguilles d'une montre et en partant du haut à gauche, 1) la fréquence absolue moyenne des spores et des pollens ; 2) la fréquence relative moyenne des spores lourdes ; 3) le pourcentage d'Acritarches ; 4) le pourcentage de Microforaminifères.

a. — Dans l'auréole centrale c'est-à-dire dans les parties septentrionale et centrale du Sahara (On 1, Zb 1, Pg 1 et Li 3), les données quantitatives moyennes mettent en évidence plusieurs phénomènes palynologiques :

— la fréquence relative des Microforaminifères est plus élevée que partout ailleurs au Sahara (20) : ceci s'explique puisque tous les niveaux contiennent au moins quelques individus ; il s'agit bien d'un **domaine marin permanent.**

— la fréquence relative des Acritarches est élevée et peut même dépasser celle des Microforaminifères (Pg 1).

— la fréquence absolue des spores et pollens n'est jamais nulle et peut être même tout à fait notable (ZB 1) et les spores lourdes sont partout présentes, ce qui implique un apport par les courants marins,

Source : MNHN, Paris

celui-ci pouvant être supposé nettement plus faible dans la Province Centrale (On 1) que dans la région de ZB 1 par exemple.

b. — Dans l'auréole médiane (région de Ab 1, Gassi-Touil, Extrême-Sud tunisien *p.p.*) :

— la fréquence relative moyenne des Microforaminifères est toujours inférieure à 10, c'est-à-dire faible ; ceci s'explique par le fait que seuls certains niveaux contiennent des individus.

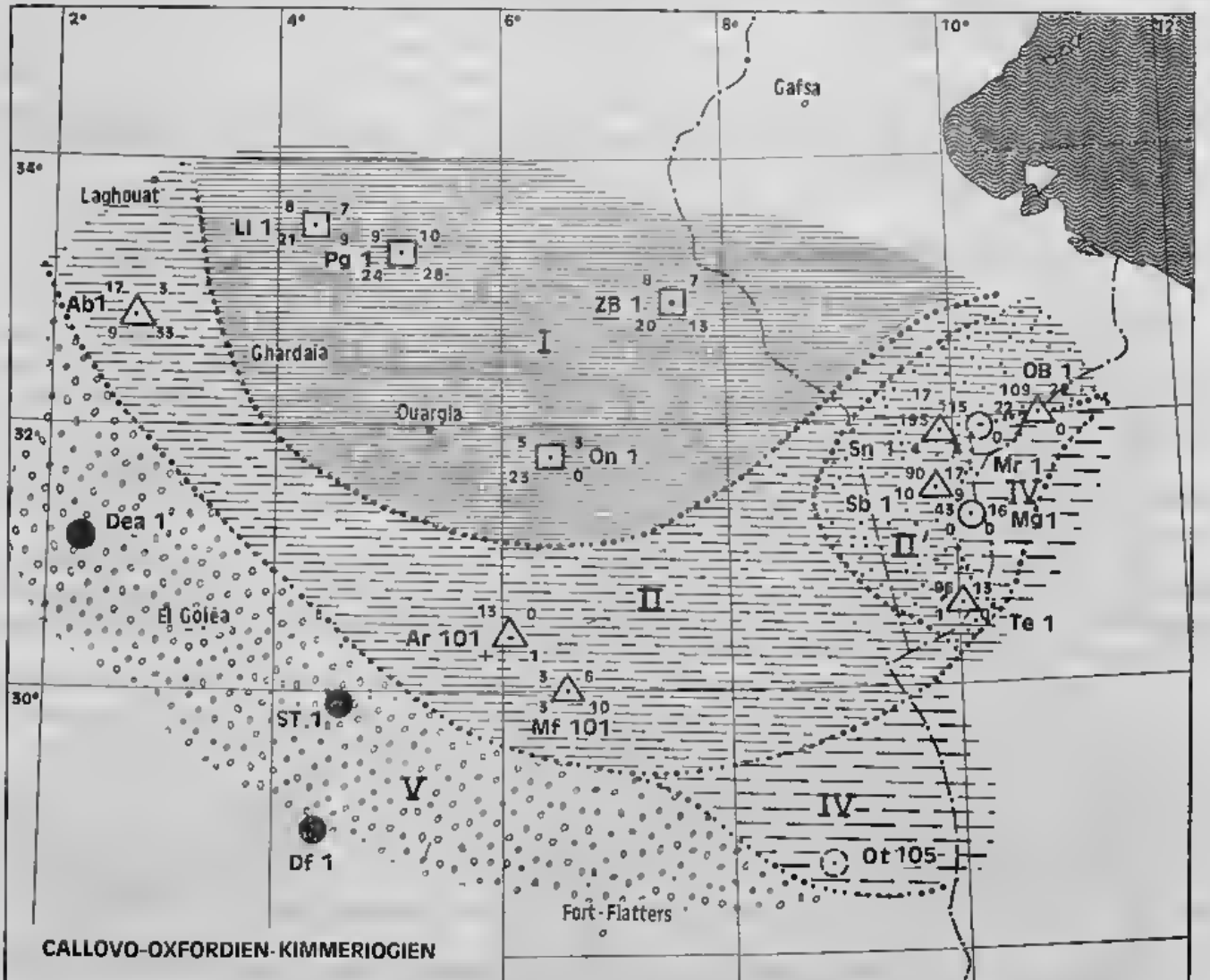


Fig. V. 9. — Reconstitution paléogéographique du Sahara algéro-tunisien pour l'intervalle Callovo-Oxfordien-Kimméridgien d'après le traitement des informations palynologiques.

I domaine marin permanent ; II domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins ; II′ domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et à caractère deltaïque ; IV domaine laguno-continental à caractère deltaïque ; V domaine continental sub-aérien (pour les symboles voir le texte).

— la fréquence relative moyenne des Acritarches est dans l'ensemble nettement plus faible que dans le domaine marin permanent ; dans la région d'Ab 1 elle atteint cependant un maximum de 33 : on peut penser que cette région fut en permanence au moins **lagunaire et parfois marine**, alors que le Gassi-Touil et l'Extrême-Sud tunisien (10) pourraient avoir été « continentaux » à certaines périodes.

— la fréquence absolue des spores et des pollens met en évidence que l'Extrême-Sud tunisien était une zone privilégiée d'un dépôt localisé très important où le pourcentage des spores lourdes est également très important. Ceci indique un apport par des eaux très chargées et laisse supposer une vaste zone « **deltaïque** ». Au contraire, la région d'Ab 1 et le Gassi-Touil sont situés dans une

Source : MNHN, Paris

zone d'apport général où les pourcentages faibles de spores lourdes témoignent d'un apport par les eaux également mais de faible compétence venant sans doute d'un hinterland immédiat.

c. — Dans l'auréole la plus externe (Sud-Ouest, Sud et Sud-Est (?) du bassin) la formation ne contient plus aucun Microforaminifère ni Acritarche.

Dans le sondage de l'Extrême-Sud tunisien Mg 1 et dans celui du Tinrhert Ot 105 la plus forte fréquence absolue de spores et pollens et le fort pourcentage de spores lourdes laissent supposer une sédimentation palynologique soit autochtone soit faiblement allochtone dans un milieu **laguno-continental.** Au contraire la région sud et sud-ouest de la Province Occidentale (Dea 1, St 1 et Df 1) est d'une exceptionnelle pauvreté en spores et pollens : cette pauvreté due vraisemblablement aux conditions très mauvaises de conservation des microfossiles organiques rappelle celle des Grès de Nubie ou des sédiments actuels du Darfour et laisse supposer qu'il s'agissait bien d'un milieu **continental « subaérien »** où les dépôts de sédiments se faisaient probablement sous des effets hydrodynamiques instantanés et intermittents.

d. — En conclusion l'interprétation des donnécs palynologiques conduit à délimiter approximativement dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien cinq domaines correspondant à des milieux de dépôt différents :

I. — Domaine marin « permanent » qui occupait la Province Septentrionale et la région d'Ouargla — Oued Mya.

II. — Domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins qui s'étendait sur la partie nord et est de la Province Occidentale, le Gassi-Touil et la quasi-totalité de l'Extrême-Sud tunisien (la partie tout à fait orientale étant déjà continentale).

III. — Domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et apports deltaïques permanents, localisé à l'Extrême-Sud tunisien.

IV. — Domaine laguno-continental « deltaïque » tout à fait marginal, à l'Est de l'Extrême-Sud tunisien et au Tinrhert.

V. — Domaine continental « sub-aérien » qui occupait la majeure partie de la Province Occidentale (à l'exception de la région nord).

Remarque.

D'après la méthode palynologique statistique il semblerait donc qu'un immense delta se situait dans la région libyenne frontalière et que la limite continent-mer, quoique floue et mouvante, oscillait en gros le long d'une ligne située très peu á l'Ouest de l'actuelle frontière. En fait dans ce sondage il existe des niveaux à rares hystrichosphères et sans microforaminifères, ce qui laisse penser qu'à l'époque de leur dépôt une zone laguno-intermédiaire saumâtre devait exister, tour à tour étalée ou exiguë, mais le jeu de la marinisation variable a fait en sorte qu'à aucun endroit ce domaine laguno-intermédiaire saumâtre ne fut permanent. Il devait en être de même au Nord du Tinrhert d'ailleurs. On voit là combien une reconstitution paléogéographique ne peut être que grossière lorsqu'elle concerne en bloc un intervalle stratigraphique important.

e. — Cette reconstitution paléogéographique est-elle en accord avec l'ensemble des données lithologiques et paléontologiques ?

L'importance des carbonates et la présence de Spongiaires, d'Echinodermes et de Trocholines dans la Province Septentrionale indiquent un milieu marin tandis que la présence de grès fins dans les trois sondages Li 3, Pg 1 et Zb 1 témoigne également d'apports continentaux par les courants, hypothèse déjà formulée en raison de la fréquence notable des spores lourdes. Les caractéristiques lithologiques de la Province Centrale (On 1) sont assez voisines mais la présence fréquente d'anhydrite laisse supposer à la fois une position marginale par rapport au domaine marin et un milieu confiné, ce qui expliquerait la faible importance de la sédimentation sporopollinique.

La région d'Ab 1 et le Gassi-Touil montrent des faciès où dominent les argiles grises avec des passées gréseuses fines ; d'autre part la présence d'Ostracodes et d'oogones de Characées dans le Gassi-Touil indique un milieu saumâtre, aux apports terrigènes peu violents si l'on en juge par la finesse des éléments allochtones, tandis que les passées carbonatées témoignent d'épisodes marins.

Source : MNHN, Paris

Dans l'Extrême-Sud tunisien nous avons vu qu'alternaient des passées à fossiles marins, certaines avec des Céphalopodes, et des passées d'argiles, de sables, de lignites, et je rappelle que G. Busson (1970) situe cette région « aux confins du domaine mésogéen franchement marin ». Cette position ainsi que l'importance des éléments argileux ou clastiques est assez compatible avec l'hypothèse résultant des données palynologiques d'un domaine deltaïque.

Enfin les sondages de la Province occidentale Dea 1, St 1 et Df 1 montrent des faciès très gréseux ou sableux avec des argiles souvent versicolores et totalement azoïques et sans aucune indication de milieu saumâtre et *a fortiori* marin.

En résumé dans le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien du Sahara, la méthode palynologique de définition des milieux et de reconstitution paléogéographique est en accord avec les données lithologiques et paléontologiques ; les hypothèses sur lesquelles elle est basée y reçoivent donc une vérification au moins globale et nous concluerons que cette méthode ne peut être valablement employée que si on considère les phénomènes d'une manière statistique et moyenne.

B. — Milieux de dépôt et reconstitutions paléogéographiques dans le Mésozoïque saharien.

Dans la partie de chapitre qui suit je me propose de passer en revue les indications relatives au milieu de dépôt que la méthode palynologique est en mesure d'apporter dans les grandes unités étudiées. Toutefois, dans le Trias et le Lias-Dogger inférieur la zonation stratigraphique valable à l'échelle de l'ensemble du Sahara correspond, si l'on excepte le niveau B, à des ensembles tellement compréhensifs qu'il n'est pas possible d'envisager de reconstitutions paléogéographiques. Pour ces unités, je me bornerai donc à des indications propres à chaque formation élémentaire. Par contre pour le Bathonien et le Jurassique supérieur-Néocomien, je proposerai une reconstitution paléogéographique des milieux de dépôt. Les autres intervalles, Barrémien, Aptien, Albo-Vraconien, Cénomanien et Turonien ne feront pas l'objet d'une étude palynologique car les problèmes paléogéographiques s'y posent avec moins d'acuité. Toutefois la méthode palynologique sera appliquée à l'étude des grès albiens, formation au faciès monotone dont le problème du milieu de dépôt continue de se poser.

1. — *Le Trias gréseux.*

Dans l'Extrême-Sud tunisien, l'Argilo-gréseux inférieur n'a fourni aucun Microforaminifère chitineux alors que la partie moyenne et supérieure (Grès A, Trias argileux) ont livré quelques individus.

Dans le Gassi-Touil : aucun Microforaminifère dans l'Argilo-gréseux inférieur ; de rares individus dans l'Argilo-carbonaté ; aucun dans la partie inférieure de l'Argilo-gréseux supérieur (le Trias argileux n'a pas été analysé).

Le Trias gréseux de la région d'Ouargla — Oued Mya et de la Province Septentrionale n'ont fourni aucun Microforaminifère.

Ces résultats ne sont cités qu'à titre indicatif car tous ces niveaux n'ont pas été étudiés avec un densité suffisante pour aborder le problème de la transgression marine triasique.

2. — *Le Salifère principal.*

Toutes les formations ont livré des Microforaminifères, certaines en quantité faible (Évaporites infra-d2, intervalle « base du sel massif-a^2 »), d'autres en quantité très notable (intervalle d^2-a^2, intervalle a^2-B).

Ces indications ne font que confirmer que cette épaisse sédimentation évaporitique a eu lieu en milieu marin.

3. — *Le Lias-Dogger inférieur* (Fig. V. 4 à V. 8).

Si l'on met à part le Niveau B carbonaté qui contient partout des Microforaminifères chitineux dans l'Extrême-Sud tunisien, le « Salifère liasique inférieur » (4 a) est la formation ayant de loin la plus

Source : MNHN, Paris

forte fréquence absolue en ces microfossiles ; puis vient le « Salifère liasique supérieur » (4 c), alors que « l'anhydrite et dolomie inférieures » (4 b) et « l'anhydrite et dolomie supérieures » (4 e) ont des fréquences beaucoup plus faibles.

Par contre, dans le Gassi-Touil et la région d'Ouargla — Oued Mya « l'anhydrite et dolomie supérieures » a une fréquence relative forte.

Dans la Province Septentrionale tout le Lias-Dogger (Anhydrite, Carbonates sommitaux, Série supérieure conductrice) contient des Microforaminifères avec une fréquence relative notable (moyenne : 15 %).

La Province Occidentale enfin se sépare en deux parties : le sondage nord Ab 1 contient quelques Microforaminifères, les sondages sud Dea 1 et St 1 n'en contiennent pas.

En résumé sur la foi des données palynologiques on peut dire que le Lias-Dogger inférieur est une formation marine. En outre, si l'on en juge par la pauvreté en spores et pollens, dans les formations élémentaires anhydritiques ou salifères, l'apport d'origine terrestre est très faible évoquant bien le milieu marin de type confiné tel que G. Busson (1968) le déduit de considérations géologiques générales.

4. — *Le Bathonien* (Fig. V. 10).

La Fig. V. 10 a été établie à l'aide des mêmes symboles et des mêmes données quantitatives que ceux employés par le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien. Par l'analyse palynologique se délimitent approximativement cinq domaines :

I. — Domaine marin permanent correspondant à la Province Septentrionale ; il s'agit d'un domaine aux apports terrigènes très faibles.

II. — Domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins qui s'étendait sur la région du sondage Ab 1 et la Province Centrale.

II'. — Domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et très forts apports terrigènes par les eaux (pourcentage élevé de spores lourdes) évoquant une vaste zone « deltaïque » à l'endroit de l'Extrême-Sud tunisien.

III. — Un domaine laguno-intermédiaire sans épisode marin, ayant reçu de forts apports terrigènes par les eaux et évoquant la présence d'une zone deltaïque lagunaire à l'endroit du Tinrhert.

IV. — Un domaine laguno-continental aux apports terrigènes moyennement importants, qui occupait la région du Gassi-Touil et se prolongeait peut-être en direction du Mzab.

V. — Un domaine continental « sub-aérien » qui occupait la partie sud et ouest de la Province Occidentale.

Cette reconstitution géographique est dans l'ensemble compatible avec les données lithologiques ; toutefois le sondage Ab 1 dont les logs signalent des Miliolidés, des Arénacés, des débris de Lamellibranches et d'Echinodermes dans le Bathonien n'a livré que 10 Microforaminifères chitineux à la partie tout à fait terminale de la série [1].

5. — *Le Jurassique supérieur-Néocomien* (fig. V. 11).

L'application de la méthode palynologique statistique conduit à reconnaître cinq domaines dans cet intervalle :

II. — Domaine laguno-intermédiaire à fréquents épisodes marins et très faibles apports sporo-polliniques, qui s'étendait sur toute la Province Septentrionale et vraisemblablement la partie nord-est du bassin.

1. Ceci rappelle ce que nous avons constaté entre les sondages Sb 1 et Pg1 : le nombre des Microforaminifères chitineux diminuerait vers le large ils apparaîtraient donc comme des organismes plutôt littoraux.

Source : MNHN, Paris

II′. — Domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et forts apports sporopolliniques évoquant la présence d'une zone « deltaïque » dans l'Extrême-Sud tunisien.

(II) III (IV). — Domaine laguno-intermédiaire à très rares épisodes marins et probablement fréquents épisodes continentaux. Ce domaine occupait une large bande médiane nord-ouest—sud-est comprenant la région d'Ouargla — Oued Mya, le Gassi-Touil et s'étendant au Sud jusqu'au Tinrhert

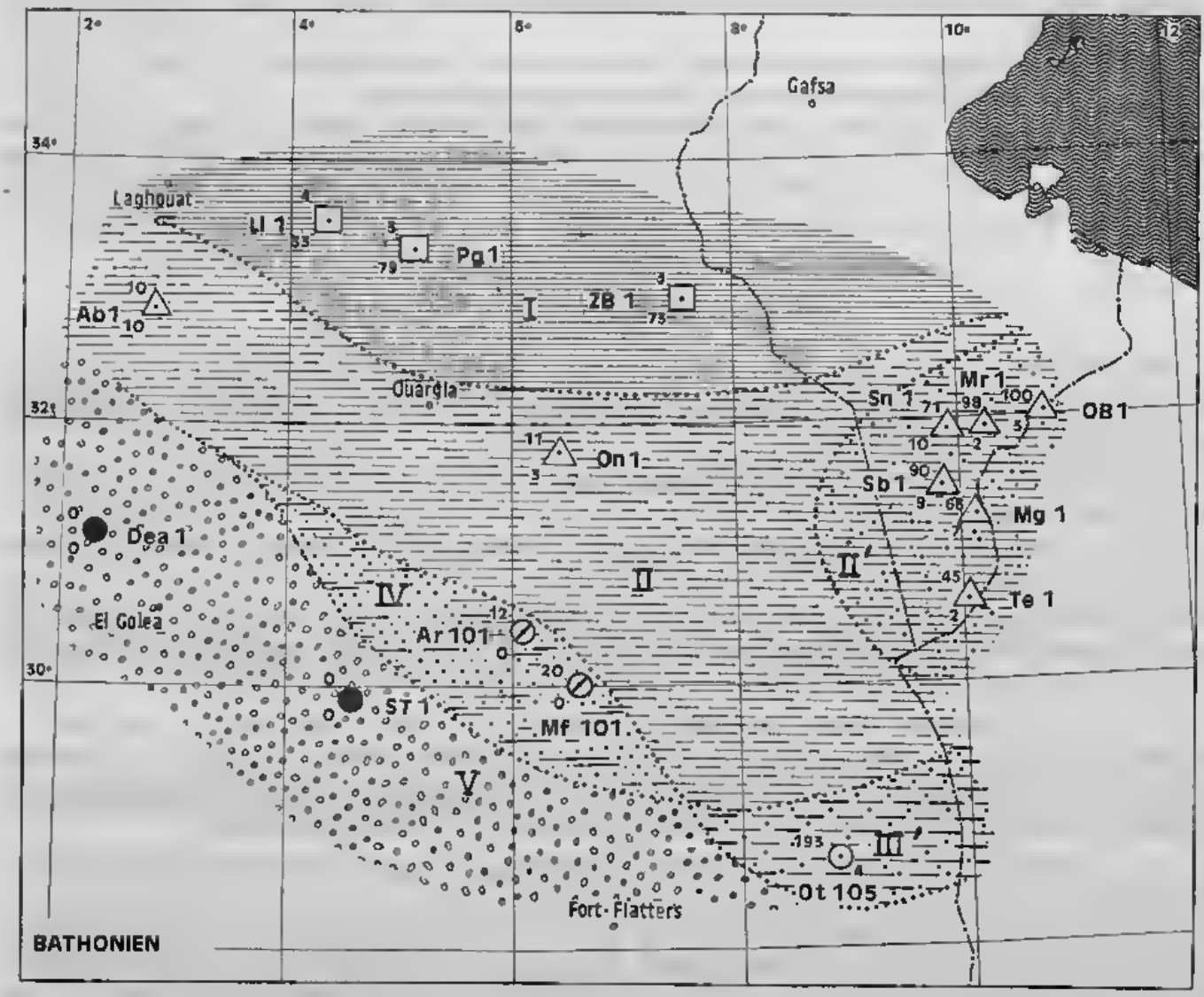


Fig. V. 10. — Reconstitution paléogéographique du Sahara algéro-tunisien au cours du « Bathonien » d'après le traitement des informations palynologiques.

I domaine marin permanent ; II domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins ; II′ domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et à caractère deltaïque ; III′ domaine laguno-intermédiaire sans épisode marin et à caractère deltaïque ; IV domaine laguno-continental ; V domaine continental « sub-aérien » (pour les symboles voir le texte).

(partie supérieure du Taouratine inférieur). Les faciès très gréseux de ce domaine sont pourtant très pauvres en spores et pollens, ce qui suggère des apports en provenance du Sud ou du Sud-Ouest où nous le verrons s'étalant en un domaine très gréseux de type continental « sub-aérien », également sans pollenospores. Au Tinrhert par contre la fréquence notable des pollenospores suggère un milieu laguno-continental que la marinisation aurait malgré tout atteint en de brefs épisodes : (II) III (IV)′.

IV′. — Domaine laguno-continental à sédimentation palynologique évoquant des apports « deltaïques », domaine localisé dans l'Est de l'Extrême-Sud tunisien. Cette province apparaîtrait donc

Source : MNHN, Paris

encore au Jurassique supérieur - Néocomien comme une région limitrophe entre le continental franc et le lagunaire à épisodes marins ou bien comme une vaste zone d'épandage de type deltaïque où se succèderaient d'Est en Ouest le milieu laguno-continental, le milieu laguno-intermédiaire, le milieu lagunointermédiaire à épisodes marins.

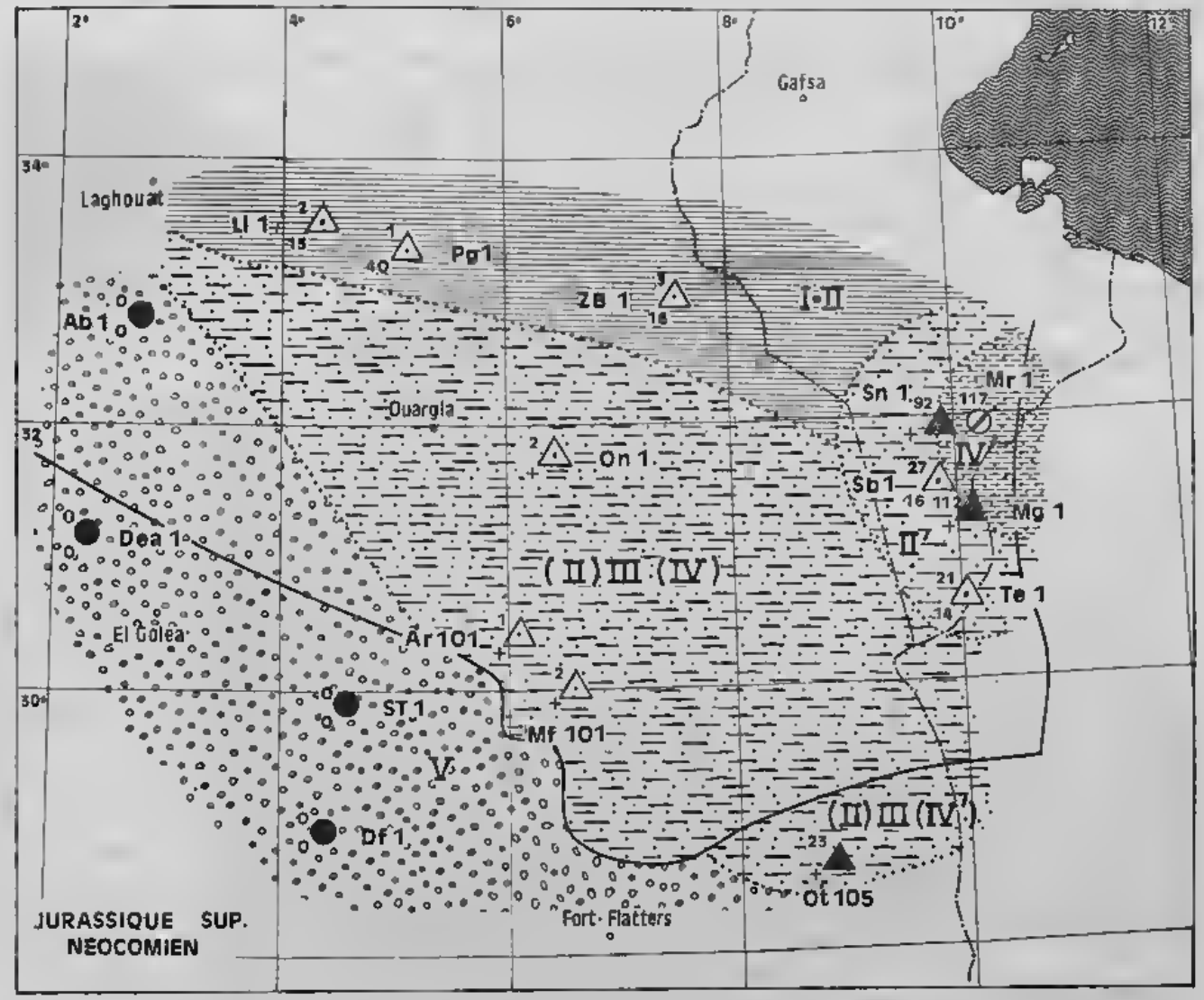


Fig. V. 11. — Reconstitution paléogéographique du Sahara algéro-tunisien pour l'intervalle Jurassique supérieur-Néocomien d'après le traitement des informations palynologiques.

II domaine laguno-intermédiaire à fréquents épisodes marins ; II' domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins et à caractère deltaïque ; (II) III (IV) domaine laguno-intermédiaire, à rares épisodes marins et fréquents épisodes continentaux ; (II) III (IV)' *idem* à caractère deltaïque ; IV' domaine laguno-continental à caractère deltaïque ; V domaine continental « sub-aérien » (pour les symboles voir le texte).

V. — Domaine continental « sub-aérien » qui s'étalait sur la Province Occidentale. En fait dans la partie ouest et sud de cette province le Jurassique supérieur Néocomien n'est pas identifié à l'intérieur du Jurassique supérieur-Crétacé inférieur mais ce dernier ensemble correspondrait dans sa totalité à un milieu continental « sub-aérien » d'après les données palynologiques.

6. — *Les grès albiens* (fig. V. 12).

Nous avons vu (chapitre I) que les grès albiens constituent un faciès diachrone surmonté dans la majeure partie du Sahara algéro-tunisien par des faciès carbonatés considérés comme marins et désignés sous le nom d'Albo-Vraconien. Le problème du milieu de dépôt de ces grès albiens ne peut natu-

Source : MNHN, Paris

rellement être résolu par la considération des faciès lithologiques précisément monotones. Les données palynologiques apportent des précisions intéressantes ; elles permettent de délimiter cinq domaines :

I. — Domaine marin permanent à faibles apports sporopolliniques et forte fréquence relative en Microforaminifères, domaine s'étalant sur la Province Septentrionale et la région d'Ouargla — Oued Mya.

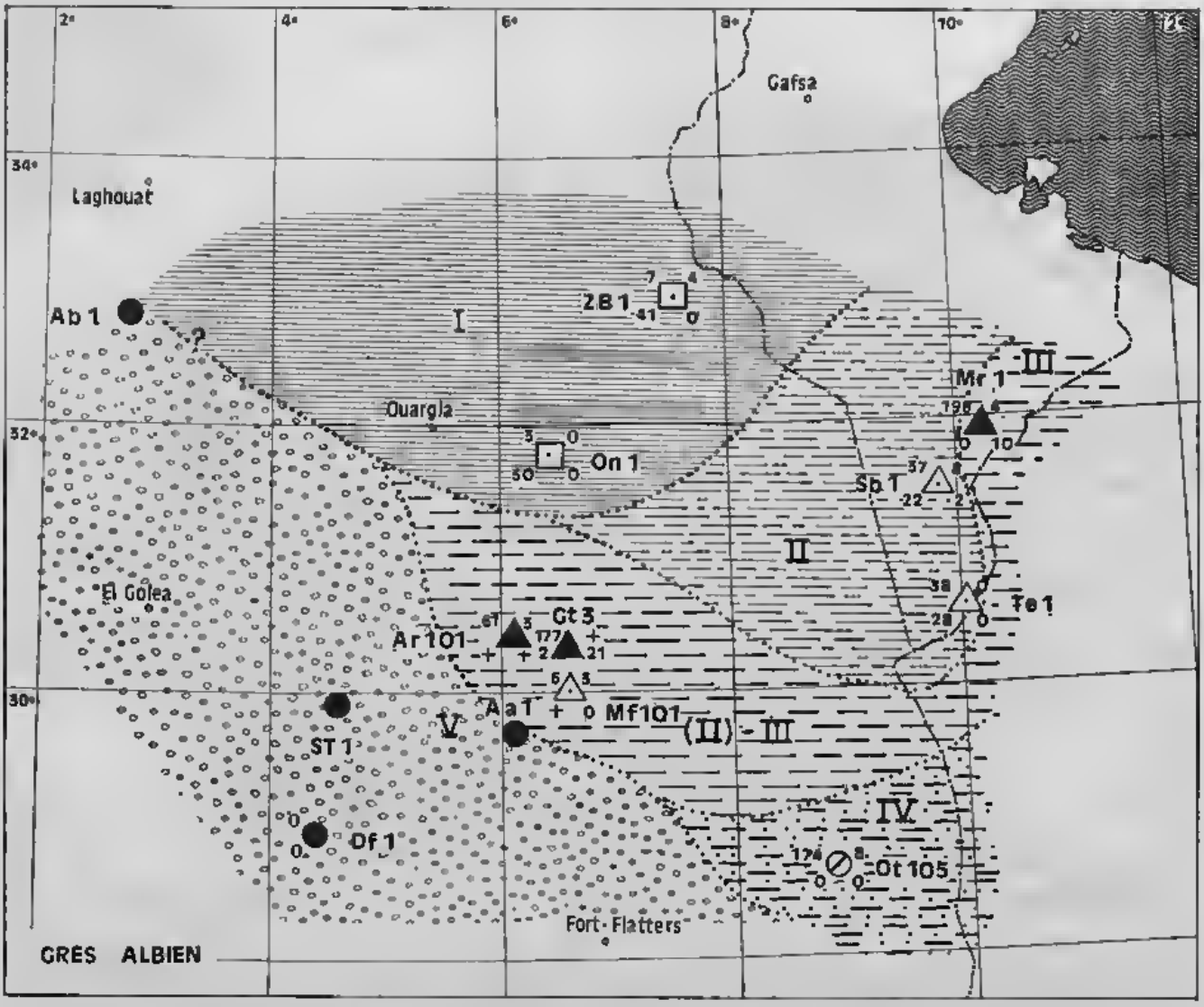


Fig. V. 12. — Reconstitution paléogéographique du Sahara algéro-tunisien lors du dépôt du Grès albien d'après le traitement des informations palynologiques.

I domaine marin permanent ; II domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins fréquents ; III domaine laguno-intermédiaire à très rares épisodes marins ; IV domaine laguno-continental ; V domaine continental subaérien (pour les symboles voir le texte).

II. — Domaine laguno-intermédiaire à fréquents épisodes marins où les apports sporopolliniques sont importants et le pourcentage en Microforaminifères relativement élevé (20 à 30 %) ; ce domaine occupait la partie ouest de l'Extrême-Sud tunisien.

III. — Domaine laguno-intermédiaire, à rares épisodes marins toutefois, qui occupait le Gassi-Touil, l'Est et l'Extrême-Sud tunisien et peut-être la région au Nord du Tinrhert. Ce domaine est dans l'ensemble très riche en spores et pollens (à l'exception de Mf 101). Il faut noter que le pourcentage des spores lourdes y est faible mais ce phénomène n'exclut pas un apport par les eaux, il semble dû à une caractéristique microfloristique de l'Albien au Sahara.

Source : MNHN, Paris

IV. — Domaine laguno-continental très riche en spores et pollens, qui occupait le Tinrhert. On peut y remarquer que malgré une fréquence absolue des spores et pollens très forte, le pourcentage des spores lourdes reste faible alors que ce type de milieu est en général riche en ces dernières. Ceci confirme qu'il s'agit bien d'une caractéristique du « fond microfloristique ».

V. — Domaine continental « sub-aérien » qui occupait l'ensemble de la Province Occidentale au Sud et à l'Ouest du Gassi-Touil.

En conclusion, le schéma paléogéographique déduit des données palynologiques fait apparaître des domaines disposés d'une manière cohérente et progressive. Même si ce schéma est discutable, un point reste établi d'une façon certaine : sur la majeure partie de la plate-forme saharienne, les grès albiens se sont déposés au moins sporadiquement en milieu marin. Je rappelle d'ailleurs que malgré la difficulté de se prononcer sur la nature du dépôt des grés à fréquentes stratifications entrecroisées et à argiles rouges, G. Busson (1970) n'excluait pourtant pas l'hypothèse d'un milieu autre que franchement continental, voire marin. Enfin une remarque doit être faite à propos de la partie nord de la Province Occidentale : quelques sondages y présentent de rares niveaux carbonatés et des dents de poissons ; or le sondage Ab 1 s'est révélé pratiquement azoïque. Un doute sur les milieux de dépôt dans cette région subsiste donc ; il faut souligner que je n'ai étudié que trois échantillons dans l'Albien de ce sondage.

C. — Conclusions.

Les reconstitutions paléogéographiques schématiques proposées pour le Bathonien, le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien, le Jurassique supérieur-Néocomien et les grés albiens résultent de l'étude des variations latérales des seules données (qualitatives et quantitatives) relatives aux microfossiles (Microforaminifères, Acritarches, spores et pollens), données d'ailleurs considérées d'une manière adaptée aux problémes sahariens (fréquences absolues ou relatives moyennes de l'ensemble des échantillons d'une formation en un lieu géographique donné). Les domaines ainsi approximativement délimités correspondent en fait à des milieux de dépôts dont seul est indiqué le caractère soit marin, soit laguno-intermédiaire, soit lagunaire continental, soit continental « sub-aérien ». Si ces indications sont suffisantes pour retrouver les grands traits paléogéographiques d'une région et en donner une image globale, elles demeurent bien vagues si on désire être renseigné d'une manière plus détaillée sur l' « environnement » en un lieu précis, c'est-à-dire sur les conditions intimes de la sédimentation. Cet environnement est très variable dans un même domaine et en général sur une verticale précise d'une formation il a varié au cours du dépôt de celle-ci de sorte qu'il n'est pas possible de l'indiquer dans des schémas généraux. Pourtant l'analyse palynologique globale permet souvent — en tenant compte des éléments palynologiques autres que les microfossiles — de préciser cet environnement, allant ainsi bien au delà de la simple indication du caractére marin ou continental par exemple.

Sur la planche 48, six photographies illustrent l'aspect de quelques résidus palynologiques dont l'interprétation permet de reconstituer l'environnement d'une manière plus ou moins précise. Il s'agit de six niveaux de la formation de référence, le Callovo-Oxfordien-Kimméridgien, pris dans six sondages et trois domaines différents. La légende de la planche indique les éléments discernables sur chaque photographie ainsi que leur codification selon l'état diagénétique dans le fichier mécanographique des données palynologiques. Le lecteur doit également se reporter à la fig. fl. 1. A l'aide des indications données dans le chapitre II on peut interpréter les milieux de dépôt de la manière suivante :

a. — Le niveau Pb 1,2 062 m est un calcaire (Pl. 48, fig. 1) qui s'est constitué dans un milieu marin où ne parvenait pratiquement pas de matériel terrigène (sauf peut-être de la matière organique amorphe ou dissoute), où régnait vraisemblablement une vie planctonique intense et dont le fond n'était pas un milieu réducteur.

b. — Le niveau ZB 1,1 879 m, 2/3 de calcaire et 1/3 d'argile (Pl. 48, fig. 2) s'est constitué dans un milieu marin où parvenaient des particules terrigénes ; sur le fond régnait une vie benthique à Spongiaires dans un milieu réducteur (certains petits points noirs sont de la pyrite, la matière organique amorphe est altérée).

Source : MNHN, Paris

c. — Le niveau Ab 1,1 313 m, est une argile grise (Pl. 48, fig. 3) qui s'est constituée dans un milieu laguno-intermédiaire recevant des éléments terrigènes aussi bien minéraux qu'organiques, ceux-ci provenant certainement de divers endroits de l'aire continentale puisque certains débris végétaux sont carbonisés, d'autres non ; enfin le milieu n'est pas réducteur car la matière amorphe est claire.

d. — Le niveau Df 1, 2 060 m, est un grès argileux (Pl. 48, fig. 4) qui s'est constitué dans un milieu de sédimentation clastique « sub-aérien » très aéré et « carbonisant ».

e. — Le niveau Ar 101, 1 760 m, est une argile gréseuse (Pl. 49, fig. 5) qui s'est formée dans un milieu mal défini à tendance marine et dont les conditions sédimentologiques intimes sont voisines de celles du niveau ZB 1, 1 379 m.

f. — Le niveau Sb 1, 1 140 m, est une argile (Pl. 48, fig. 6) qui s'est constituée dans un milieu marin de vie planctonique et benthique intense, recevant beaucoup de matériel organique structuré d'origine terrigène provenant d'une aire continentale « aquatique » non « carbonisante » ; le fond de ce milieu n'était pas réducteur.

Il va de soi que l'interprétation de l'environnement et de certaines conditions intimes du milieu de dépôt par l'analyse palynologique globale doit être comparée ou confrontée avec les résultats obtenus par les autres techniques de la sédimentologie. En tout cas, l'analyse palynologique globale, même si elle ne concerne qu'une fraction très minime des sédiments, est en mesure d'apporter en vue de la reconstitution des milieux des indications à la fois précises et variées. Aussi j'insiste sur le fait que le fichier qui accompagne ce mémoire contient une documentation complète sur 637 niveaux du Secondaire saharien et une partielle sur quatre centaines d'autres, documentation immédiatement consultable et interprétable notamment en vue de la recherche pratique des horizons susceptibles d'engendrer des hydrocarbures.

Source : MNHN, Paris

CHAPITRE VI

LES MÉCANISMES DE LA SÉDIMENTATION PALYNOLOGIQUE

Nous avons vu, dans la précédente partie de ce chapitre que, connaissant la nature et la quantité des divers éléments palynologiques, on pouvait préciser l'environnement du lieu de dépôt des sédiments. Il est maintenant intéressant de rechercher, parmi ces éléments, ceux dont la présence résulte de mêmes mécanismes d'apport et de mêmes conditions de conservation (éléments dont les quantités varient dans le même sens et avec la même intensité), ceux qui au contraire correspondent à des mécanismes sédimentologiques différents ou opposés (éléments dont les quantités varient sans relation évidente ou en sens opposé), ceux enfin dont la présence est due à des phénomènes aléatoires (éléments dont la variation de quantité n'est apparemment fonction de celle d'aucun autre élément) ou du moins paraissant tels dans l'état de notre ignorance. L'avantage de l'enregistrement systématique de toutes les données de l'analyse palynologique dans un fichier mécanographique apparaît alors d'une manière évidente : cet outil est particulièrement adapté à la mise en œuvre des opérations statistiques nécessaires pour savoir s'il existe des relations entre les quantités des divers éléments. Précisément, la plate-forme de sédimentation du Mésozoïque saharien apparaît tout à fait propice à la recherche de telles relations : en raison de son étendue, de la variété des faciès, du fait qu'elle offre la gamme la plus progressive possible des milieux de sédimentation depuis le continental « sub-aérien » jusqu'au marin pélagique, elle constitue un modèle quasi-idéal. On peut penser que les éventuels résultats statistiques tirés de l'étude de cette plate-forme auront une valeur de lois quasi générales de la sédimentation palynologique.

A. — Nature des données et méthode de recherche.

1. — *Nature des données :*

Je renvoie le lecteur au chapitre III où est indiquée la manière dont ont été notées les quantités volumétriques ou pondérales des divers éléments palynologiques et les proportions des constituants pétrographiques des échantillons analysés (pourcentages de cuttings de telle ou telle nature dans chaque échantillon, la nature étant déterminée par l'observation à la loupe et le test de l'acide chlorhydrique).

Je rappelle simplement que :

— la quantité des éléments palynologiques (spores et pollens, débris divers, microspicules d'Éponges, matière organique amorphe, et pour les raisons exposées dans le chapitre III, quartz pélitique résiduel) est indiquée par un coefficient allant de 0 à 5 (six classes) chaque degré correspondant à une égale quantité évaluée.

— les proportions des constituants pétrographiques des échantillons analysés (calcaire, marne, argile, grès, andhyrite, gypse, sel) sont également assimilées à l'une des six classes suivantes : 0 %, 20 %, 30 %, 50 %, 80 %, 100 %.

Source : MNHN, Paris

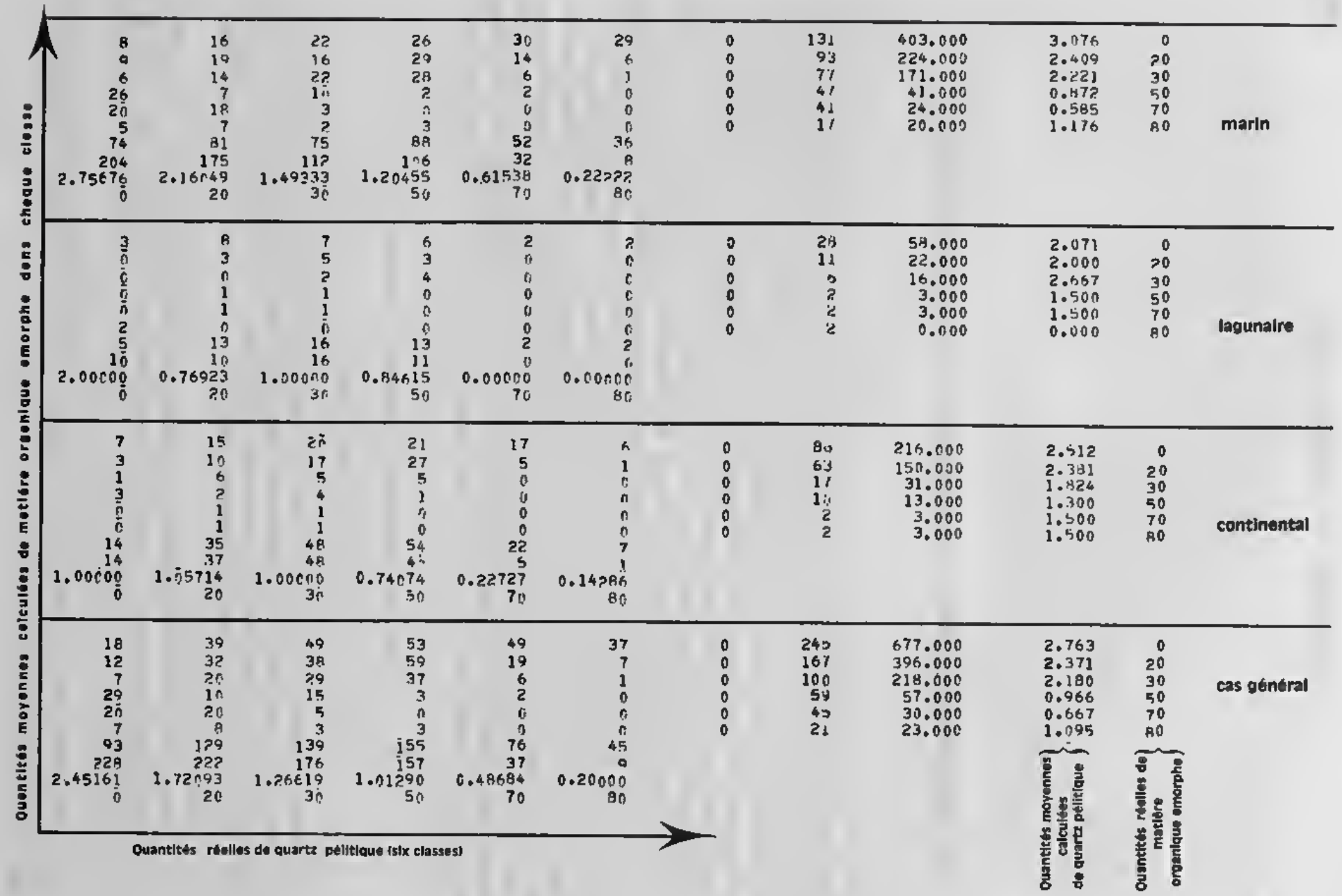


TABLEAU V. 1. — *Fac-simile* du tableau à deux entrées de corrélation palyno-sédimentologique quantitative entre le quarz pélitique et la matière organique amorphe.

Source . MNHN, Paris

2. — *Méthode de recherche.*

Les diagrammes et raisonnements dont il sera fait état ci-dessous porteront donc sur la considération de grandeurs variables exprimées par des valeurs discrètes [1] correspondant à des classes. Tous procéderont ou résulteront de la même opération statistique simple. Pour tester la possibilité d'établir une corrélation entre deux grandeurs a et b — dont la variation est indiquée par des séries de valeurs discrètes — est établi un tableau à deux entrées. Tous les échantillons montrant une valeur 0 de la variable a sont triés et comptés ; les valeurs de la variable b correspondant à chacun d'eux sont notées, additionnées et divisées par le nombre des échantillons concernés, c'est-à-dire pour lesquels la variable a a une valeur 0 ; on obtient ainsi la valeur moyenne de b pour l'ensemble des écbantillons ayant 0 comme valeur de a. L'opération est répétée pour toutes les autres valeurs 1, 2, 3, 4 et 5 de a.

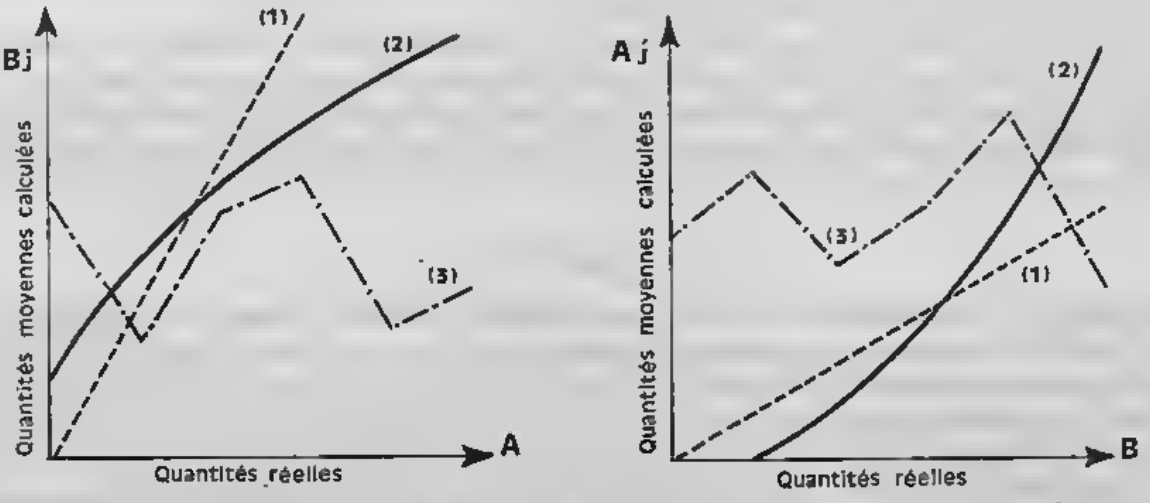


Fig. VI. 1. — Signification des courbes dressées à partir des tableaux de corrélation numérique à deux entrées entre les quantités absolues (en abscisse) d'un élément palynologique a et les quantités moyennes (en ordonnées) correspondantes d'un autre élément b : (1) éléments liés au même mécanisme sédimentologique (2) éléments dont l'abondance de l'un conditionne celle de l'autre (3) éléments ne dépendant pas des mêmes mécanismes sédimentologiques et dont l'abondance de chacun est aléatoire par rapport à celle de l'autre.

En mettant les valeurs réelles de la grandeur a en abscisse, et les valeurs moyennes calculées correspondantes de la grandeur b en ordonnées, on obtient un diagramme permettant de voir si, statistiquement, lorsque a augmente, b augmente, diminue, reste stable ou varie d'une manière telle que la relation entre les deux grandeurs variables est, soit très complexe, soit dépendante d'une autre variable.

D'une manière plus générale, soit une série d'échantillons caractérisés par un couple de valeurs correspondant respectivement à deux grandeurs. Si a peut prendre toutes les valeurs a j, j variant de 0 à n et b toutes les valeurs b i, i variant de 0 à p, on établit :

$$Bj = \frac{\Sigma\, i.\, n\, i\, j}{n\, i\, j} \text{ pour chaque valeur de j}$$

et

$$Ai = \frac{\Sigma\, j.\, n\, i\, j}{n\, i\, j} \text{ pour chaque valeur de i.}$$

Compte tenu du nombre élevé d'échantillons (807) et du nombre de variables (10) testés deux à deux, le nombre de valeurs moyennes à établir était très élevé. Les opérations de tri et les calculs simples, mais répétitifs, ont donc été effectués par traitement en ordinateur à l'aide d'un programme conçu

1. Au sens mathématique, c'est-à-dire discontinues.

Source : MNHN, Paris

pour le fichier qui existe à côté de ce mémoire et dont est donné à titre d'exemple le *fac-simile* d'un des tableaux à deux entrées ainsi établis (tableau VI. 1).

A partir de ces tableaux a été tracée (pour chaque couple d'éléments palynologiques) la courbe représentant la variation statistique de b lorsque a varie, c'est-à-dire de B = F (a), courbe reliant les points de coordonnées (j, Bj).

Très schématiquement, trois types de courbes peuvent se présenter (fig. VI. 1) : (1) celles qui font apparaître une relation parfaite (c'est-à-dire sans influence d'une troisième variable : cas de grandeurs variables conditionnées par une seule autre variable ; (2) celles qui font apparaître une relation entre les deux variables, avec influence corrélative d'une ou plusieurs autres variables ; (3) celles qui ne font apparaître aucune relation ou une relation si complexe qu'elle n'est pas interprétable.

Inversement, les tableaux à deux entrées permettent d'établir un diagramme ou une courbe exprimant la variation statistique de la fonction A = G (b) à l'aide des points de coordonnées (i, Ai) lorsque les valeurs de b sont portées en abscisse.

Les équations mathématiques des courbes ne seront pas recherchées dans ce travail, mais la connaissance des relations entre deux grandeurs variables devra tenir compte de l'allure de chacune des courbes résultant des deux opérations inverses. Seuls seront exposés les faits et les phénomènes statistiques qui résultent de ces diagrammes et formulées des hypothèses d'ordre sédimentologique susceptibles de les expliquer.

3. — *Base statistique.*

Le nombre d'échantillons sur lequel sont établis les calculs statistiques est variable selon les grandeurs testées. Alors que toutes les données palynologiques ont été notées pour 807 échantillons, la composition pétrographique n'a été notée que pour 647 d'entre eux. Ainsi, la base statistique est plus élevée pour la recherche des relations entre les éléments palynologiques que pour celle des relations entre un élément palynologique et un constituant pétrographique.

D'autre part, les chiffres cités ci-dessus constituent la base statistique pour les tests effectués dans le *cas général*, c'est-à-dire sans tenir compte du milieu de dépôt des sédiments. Lorsqu'il s'agit de la recherche des phénomènes dans un milieu particulier, la base statistique est naturellement plus faible :

— *domaine marin :* 180 (échantillons ayant fourni effectivement des Microforaminifères chitineux).

— domaine *laguno-intermédiaire* : 61 (échantillons ayant fourni des *Acritarches* mais aucun Microforaminifére). Il sera fait très peu état de résultats relatifs à ce domaine en raison de la base statistique faible.

— domaine *continental* : 365 (échantillons n'ayant fourni ni Microforaminifére, ni Acritarche).

Remarquons qu'il s'agit là d'attributions approchées : certains échantillons effectivement marins peuvent n'avoir fourni que des Acritarches, certains échantillons effectivement laguno-intermédiaires peuvent n'avoir fourni aucun Acritarche (cas vraisemblablement fréquent). De ce fait, les résultats propres à chaque domaine seront légérement déformés et les différences entre les domaines amorties. Si les résultats relatifs au domaine marin sont à peu près sûrs, le domaine continental est en quelque sorte « gonflé ».

B. — Hypothèses sédimentologiques formulées d'aprés les corrélations statistiques entre les seuls éléments palynologiques.

Dans les raisonnements qui suivent, il convient de ne pas perdre de vue que les statistiques sont établies sur des échantillonnages de cuttings : les proportions des cuttings de différentes natures pétrographiques représentent théoriquement l'importance des bancs correspondants alternant dans un intervalle de 1 à quelques mètres d'épaisseur. La figure VI. 2 clarifie cette notion : un échantillon

Source : MNHN, Paris

constitué uniquement de cuttings d'argile (A) provient d'une épaisse couche d'argile ; s'il est constitué de 50 % de cuttings de grès et 50 % de cuttings d'argile (B), il provient d'un intervalle où alternent en bancs d'épaisseurs égales argile et grès. Enfin en C l'échantillon est uniquement gréseux.

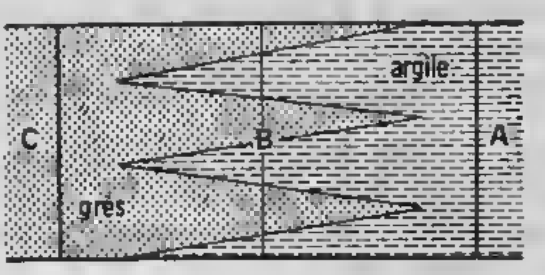


Fig. VI. 2. — Types de séries représentées par un échantillon de cuttings.

D'autre part, je renvoie le lecteur au chapitre II où a été définie la nature des divers éléments palynologiques ainsi que leur origine précise et ce qu'on sait actuellement de leur signification sédimentologique ou écologique. Voyons maintenant comment varient statistiquement les quantités des divers éléments palynologiques en fonction les uns des autres.

1. — *Quartz pélitique/grès.*

Ja rappelle qu'avec le contenu palynologique tamisé à 150 µ, est recueilli du quartz pélitique résiduel en quantité dont nous avons admis qu'elle était proportionnelle à celle effectivement présente dans l'échantillon analysé. Avant d'utiliser ce paramètre dans d'autres tests de corrélation, il convient de rechercher s'il traduit effectivement l'importance de la sédimentation gréseuse en général. Le test a été effectué dans le domaine marin (dans le Mésozoïque saharien, aucun des échantillons ayant fourni des Microforaminifères n'était constitué de plus de 50 % de grès).

La fig. VI. 3 montre :

— que des roches autres que des grès contiennent du quartz pélitique en quantité moyenne inférieure à celle contenue dans les grès en général. Cette propriété est évidente mais, dans le problème qui nous échoit, il convenait de la préciser car il en découle que les tests effectués d'après le quartz pélitique concerne également des zones dépassant celle du dépôt de grès francs.

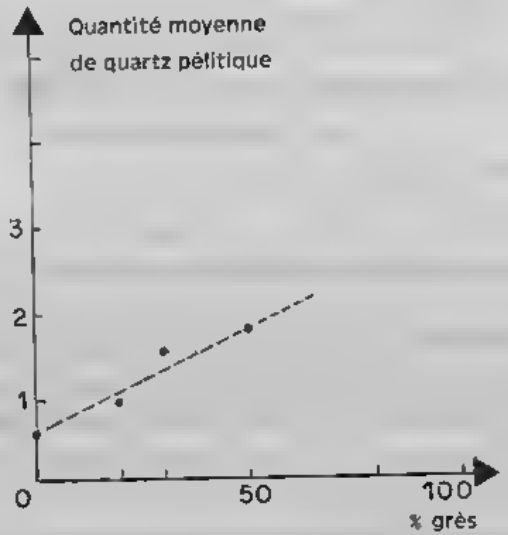


Fig. VI. 3. — Domaine marin.

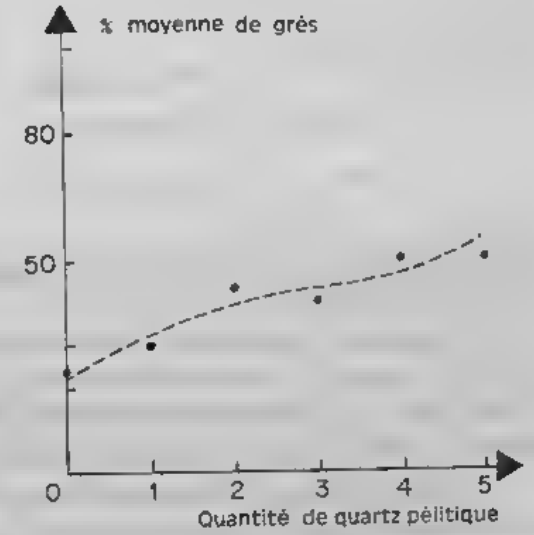


Fig. VI. 4. — Domaine marin.

Source : MNHN, Paris

— que la quantité moyenne de quartz pélitique recueilli grandit avec le pourcentage de grès dans les échantillons.

Inversement, la fig. VI. 4 exprime :

— que, parmi les échantillons ne fournissant aucun quartz pélitique, la moyenne des grès est de l'ordre de 20 %. Ce sont vraisemblablement les cuttings contenant du grès grossier calibré au-dessus de 150 μ.

— qu'en moyenne, les quantités croissantes de quartz pélitique proviennent d'échantillons qui contiennent un pourcentage croissant de grès.

On peut en déduire que la quantité de quartz pélitique recueillie dans les résidus palynologiques traduit en moyenne l'importance de la sédimentation gréseuse fine ou non calibrée. Cette proposition est une évidence lorsqu'il s'agit du quartz pélitique en général ; elle méritait d'être accréditée pour le quartz pélitique recueilli dans les résidus palynologiques en particulier.

2. — *Quartz pélitique/pollenospores (spores + pollen).*

Si le quartz pélitique des résidus palynologiques exprime, en moyenne, l'importance de la sédimentation gréseuse, fine ou non calibrée, il est intéressant d'essayer de savoir si les pollenospores sont transportés par les mêmes processus que ce quartz pélitique et déposés dans les mêmes proportions. Les fig. VI. 5 et VI. 6 montrent, dans le cas général comme dans le seul domaine marin, les faits statistiques suivants :

— en moyenne, plus la quantité des pélites croît, plus celle des pollenospores décroît ; on peut penser que plus on tendrait vers une sédimentation gréseuse franche, moins les sédiments contiendraient de pollenospores.

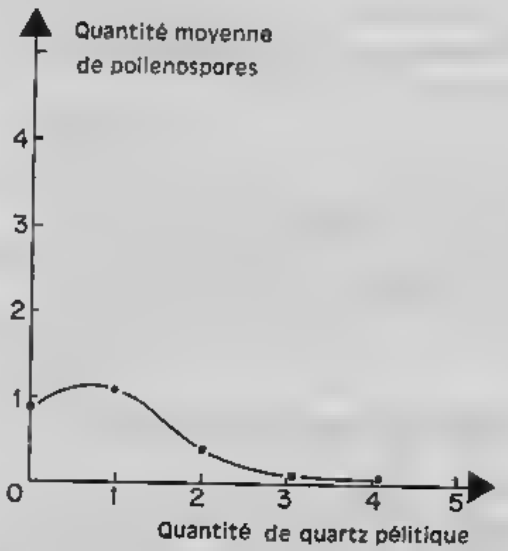


Fig. VI. 5. — Cas général.

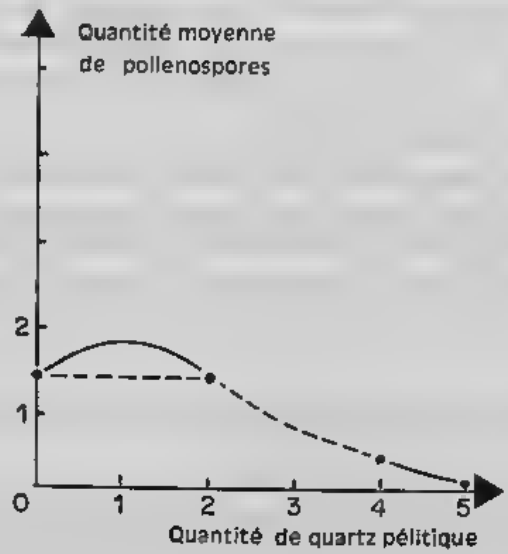


Fig. VI. 6. — Domaine marin.

— que le phénomène est moins accusé en milieu marin que dans le cas général très influencé par les conditions du domaine continental.

— qu'en moyenne, la zone la plus riche en pollenospores est celle où le quartz pélitique ne se dépose qu'en faible quantité (2) ou pas du tout, le maximum correspondant à une quantité (1) qui rapportée dans la fig. VI. 4, indique une sédimentation marine à environ 30 % de grès. Il est important de noter l'ordre de grandeur de ce chiffre.

Inversement, dans le cas général (fig. VI. 7)

— les très fortes quantités de pollenospores sont fournies par un échantillonnage moyen très pauvre en quartz pélitique.

Source : MNHN, Paris

— les quantités faibles à moyennes de pollenospores sont fournies par un échantillonnage moyen contenant une quantité notable de quartz pélitique (0,8 — 1).

— les échantillons sans pollenospores constituent l'échantillonnage moyen ayant la plus forte quantité de quartz pélitique (1,5).

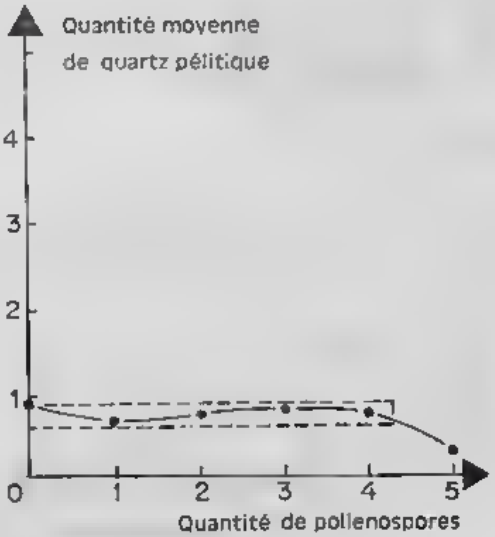


Fig. VI. 7. — Cas général.

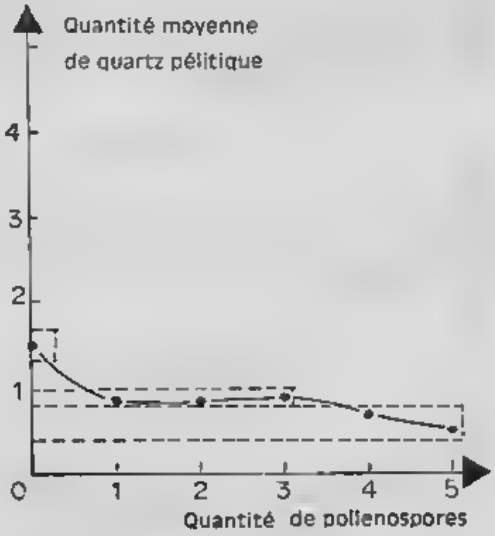


Fig. VI. 8. — Domaine marin.

De même, la fig. VI. 8 montre que, dans le domaine marin, les très fortes quantités de pollenospores proviennent d'un échantillonnage moyen très pauvre en quartz pélitique, alors que des quantités aussi bien très faibles que faibles, moyennes ou assez fortes, correspondent à des échantillonnages moyens contenant à peu près la même quantité de quartz pélitique. Autrement dit, par rapport aux autres milieux, c'est dans le domaine marin que la répartition des pollenospores est le moins influencé par la sédimentation gréseuse et en particulier, lorsque celle-ci est importante, elle n'implique pas une pauvreté aussi grande que dans le domaine continental.

Cette constatation statistique peut être illustrée par un fait déjà cité (chapitre II) : la sédimentation fortement détritique continentale des Grès de Nubie ou celle des dépôts actuels du Darfour (Soudan) montre une absence quasi totale de pollenospores. Elle est également de nature à confirmer, *a posteriori*, que les séries très gréseuses et très pauvres en pollenospores de la Province Occidentale (Dea 1, St 1, Df 1) se sont constituées en milieu continental.

3. — *Quartz pélitique/matière organique amorphe.*

Un problème intéressant est de chercher si une partie de la matière organique amorphe des sédiments est transportée et déposée par les mêmes phénomènes qui sont à l'origine de la sédimentation du quartz pélitique — qui, nous l'avons vu, se confondrait à peu près avec la sédimentation gréseuse fine — et de la même manière. Les figures VI. 9 et VI. 10 montrent que, dans le cas général :

— les sédiments ne fournissant aucun quartz pélitique sont en moyenne les plus riches en matière amorphe (dans le domaine continental, ce sont principalement les argiles et les argiles ligniteuses).

— les sédiments fournissant de très fortes quantités de quartz pélitique sont en moyenne pratiquement dépourvus de matière organique amorphe (principalement les grès francs non calibrés).

— qu'il existe statistiquement un fléchissement très accentué de la richesse en matière amorphe lorsque l'enrichissement en quartz pélitique passe de la valeur 2 à 3.

Source : MNHN, Paris

Autrement dit :

— si une partie de la matière organique amorphe est allochtone, celle-ci n'est pas déposée en même temps que le quartz pélitique.

— statistiquement, plus un milieu est influencé par la sédimentation gréseuse fine, plus il est pauvre en matière organique amorphe.

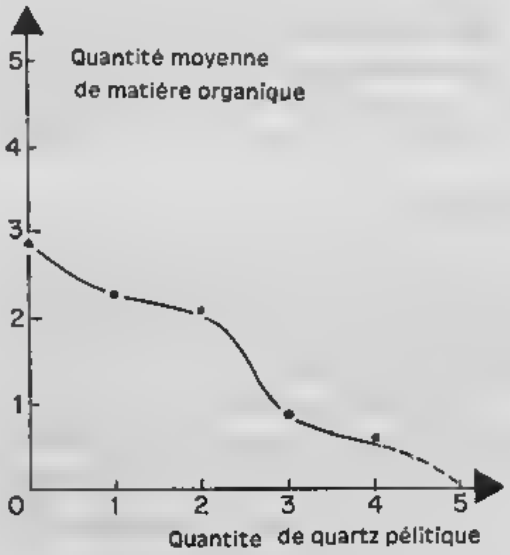


Fig. VI. 9. — Cas général.

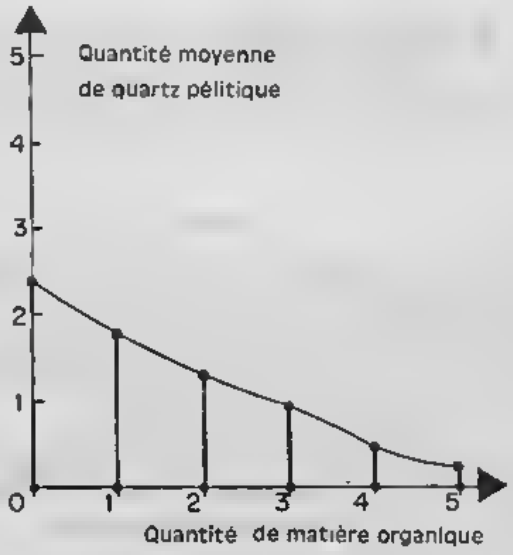


Fig. VI. 10. — Cas général.

Plusieurs hypothèses sédimentologiques peuvent expliquer ces faits statistiques :

— soit que la fraction allochtone (éventuelle) de matière organique amorphe serait entraînée au delà de la zone de dépôt du quartz pélitique.

— soit que la zone de sédimentation gréseuse aquatique serait liée à une certaine turbulence peu propice au dépôt de la matière organique fine encore structurée ou non.

— soit que la sédimentation gréseuse, caractérisée par un enfouissement rapide, serait peu favorable à la « destructuration » des débris organiques.

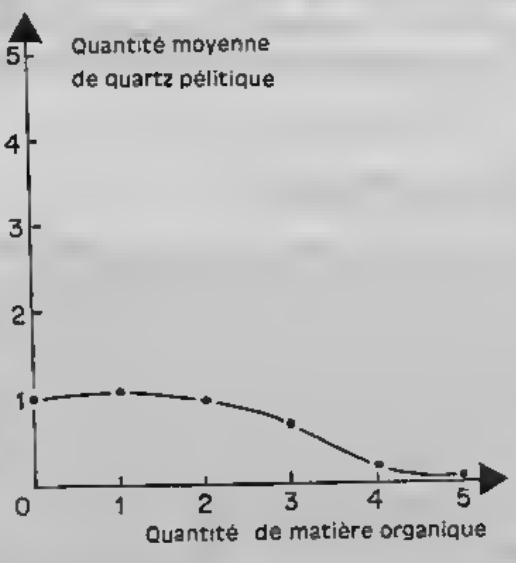


Fig. VI. 11. — Domaine marin.

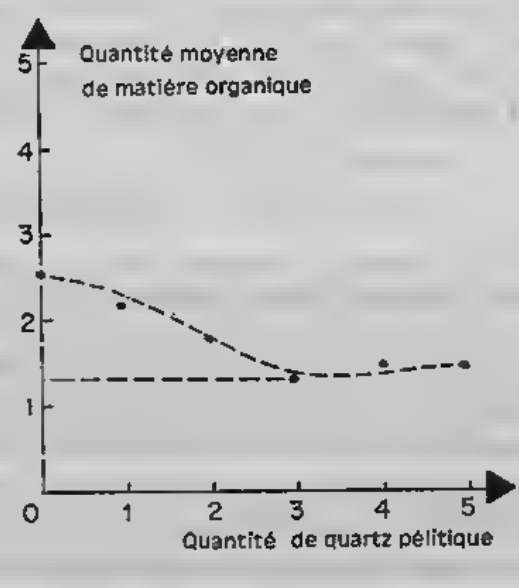


Fig. VI. 12. — Domaine marin.

Source : MNHN, Paris

Dans le domaine marin en particulier :

— les échantillons fournissant les très fortes quantités de matière organique sont, en moyenne, quasiment dépourvus de quartz pélitique (fig. VI. 11).

— la quantité de matière organique amorphe décroît quand celle du quartz pélitique augmente mais, à partir d'un certain taux de richesse en ce dernier, la quantité moyenne de matière amorphe reste stable (fig. VI. 12). La courbe de la fig. VI. 12 s'explique par le fait que dans le Mésozoïque saharien, les échantillons marins analysés contenaient au maximum 50 % de grès. On peut supposer que le palier observé correspond aux séries où l'alternance des bancs de grès est de cet ordre. En fait, la sédimentation marine totalement gréseuse n'a pas été testée.

4. — *Matière organique amorphe/Pollenospores.*

La quantité de spores et pollens (pollenospores) qui se dépose dans les sédiments marins est sans relation évidente avec la quantité de matière organique amorphe. Cela résulte du test de la quantité moyenne de matière amorphe par rapport aux quantités réelles de pollenospores (fig. VI. 13). Par

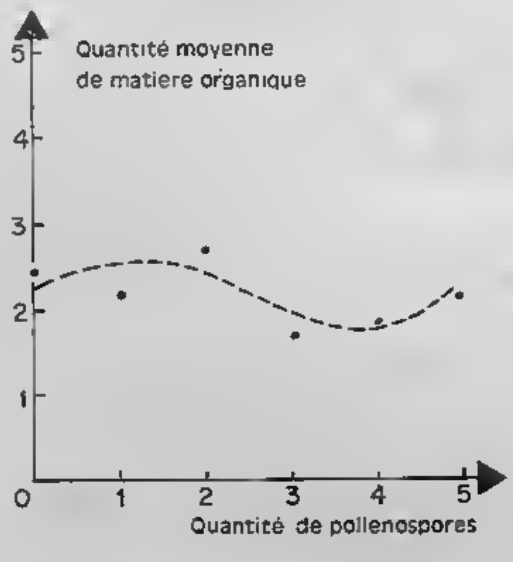


Fig. VI. 13. — Domaine marin.

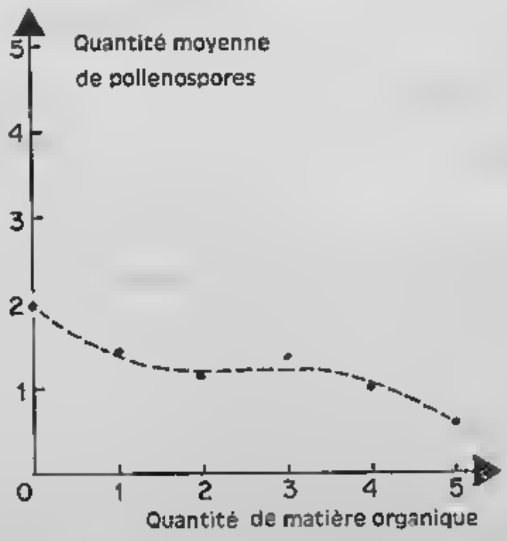


Fig. VI. 14. — Domaine marin.

contre, en moyenne, plus les échantillons contiennent de la matière organique, moins ils contiennent de pollenospores ; cette décroissance est cependant faible (fig. VI. 14). Ce classement pourrait être dû, en réalité, à un autre phénomène, assez peu enrichissant en matière organique amorphe et déterminant l'abondance des pollenospores : la sédimentation détritique fine qui, nous l'avons vu, lorsqu'elle est de l'ordre de 20 à 30 % entraîne en général une grande richesse en pollenospores.

En résumé, dans le domaine marin, les pollenospores se répartissent d'une manière à peu près identique dans tous les milieux, qu'ils soient ou non producteurs ou récepteurs de matière organique amorphe. Toutefois, les milieux riches en matière organique sont aussi, statistiquement (fig. VI. 10) les moins influencés par la sédimentation détritique fine, favorable à l'enrichissement en pollenospores ; ce sont ces milieux qui contiennent les moindres quantités de pollenospores.

5. — *Matière organique amorphe/microdébris de bois.*

Dans les résidus palynologiques, sont recueillis de nombreux microdébris de bois (fragments de vaisseaux ligneux) de 10 à 150 µ. Il est intéressant de rechercher comment ils se répartissent par rapport à la matière amorphe [1].

1. Je rappelle que les échantillons de lignite ou de charbons divers ne sont pas pris en compte dans les données quantitatives (chapitre III).

Source : MNHN, Paris

Plus les échantillons sont riches en débris de bois, plus ils sont pauvres en matière organique amorphe (fig. VI. 15) et vice-versa (fig. VI. 16). Notons que, par rapport au même échantillonnage, la répartition des débris de bois est en gros parallèle à celle du quartz pélitique (fig. VI. 10). On peut déduire deux hypothèses de l'analyse de ces deux courbes :

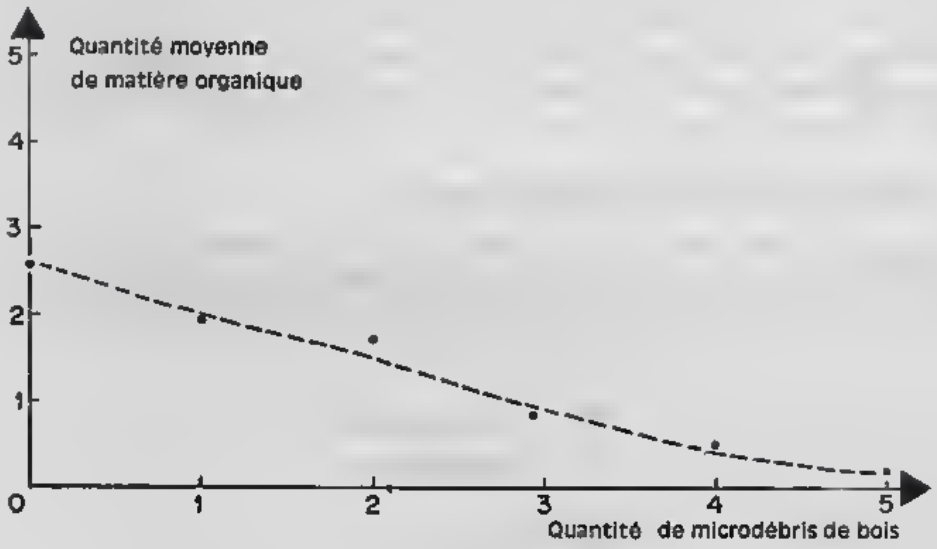


Fig. VI. 15. — Cas général.

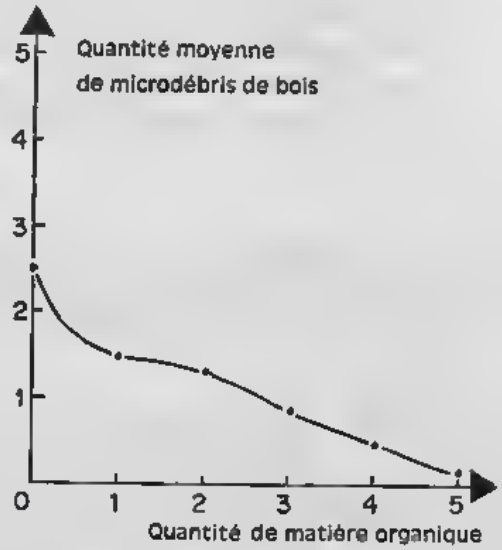


Fig. VI. 16. — Cas général.

— soit que l'éventuelle fraction allochtone de matière organique amorphe n'est pas déposée de la même manière et dans la même zone que les microdébris de bois,

— soit que le quartz pélitique et les microdébris de bois sont deux éléments d'origine « terrestre » répartis d'une manière parallèle ; leurs densités seraient en fait moins différentes qu'il semble, une particule de lignine massive étant bien plus dense qu'un assemblage micro-spongieux constituant un morceau de bois.

On peut aussi formuler une autre explication hypothétique moins probable : les milieux riches en matière organique amorphe sont pauvres en débris de bois parce que ceux-ci y ont été destructurés ; mais on sait que la lignine — comme la sporopollenine — est très résistante.

6. — *Microspicules de Spongiaires/matière organique amorphe :*

Nous avons vu que dans les résidus palynologiques sont fréquemment rencontrés de très petits spicules en opale (de 10 à 150 μ) attribuables à des Spongiaires. Ceux-ci sont toujours trouvés dans des préparations riches en matière organique amorphe.

La fig. VI. 17 montre, qu'en moyenne, plus la matière amorphe est abondante, plus la quantité de microspicules augmente. En fait, celle-ci reste toujours très faible : il s'agit d'éléments microscopiques dont la quantité pondérale est toujours minime. Lorsqu'il n'y a pas de matière amorphe, la quantité de microspicules est nulle ; donc la présence de spicules est liée à celle de matière amorphe.

La fig. VI. 18 montre, qu'en moyenne, plus la fréquence des microspicules est forte, plus la quantité moyenne de matière amorphe est grande.

Elle met également en évidence deux faits statistiques :

— dans l'échantillonnage ne présentant pas de microspicule, la quantité moyenne de matière amorphe est 2,

— dans l'échantillonnage à fréquence maxima de microspicules, cette quantité est 5 (maximum).

On peut donc dire que le milieu à Spongiaires (?) est de nature à enrichir (production ou réception ?) un sédiment en matière organique amorphe d'une quantité atteignant les 3/5 de la quantité totale (les 2/5 restants correspondant à la quantité de matière amorphe non liée au milieu à Spongiaires).

Source : MNHN, Paris

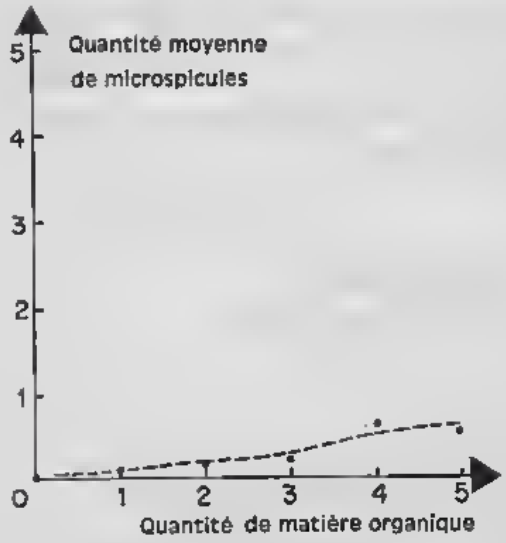


Fig. VI. 17. — Domaine marin.

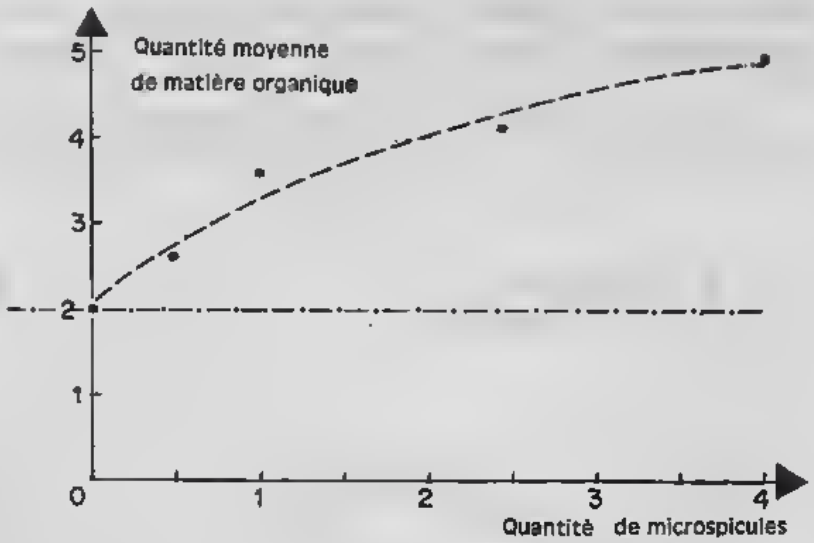


Fig. VI. 18. — Domaine marin.

7. — *Conclusion.*

Les tests de corrélation statistique des seuls éléments palynologiques permettraient de formuler les hypothèses suivantes :

— la matière organique amorphe existerait en quantité d'autant plus grande que le milieu serait moins influencé par la sédimentation du quartz pélitique et des microdébris de bois, impliquant théoriquement des courants
  - de chargement lourd et de compétence élevée,
  - générateurs de turbulence.

— les spores et les pollens se déposeraient — ou se conserveraient — d'autant moins que le milieu est soumis à une sédimentation détritique forte et d'autant plus qu'il serait soumis à une sédimentation détritique faible (de l'ordre de 20 %).

— le milieu le plus fortement producteur (ou récepteur) de matière organique amorphe serait le milieu à Spongiaires.

C. — Hypothèses formulées d'après les corrélations statistiques entre éléments palynologiques et constituants pétrographiques.

Je n'étudierai ici que la variation des quantités de matière organique amorphe et des pollenospores en fonction de la proportion des argiles, des calcaires ou des grès dans une « série » correspondant à un échantillon de cuttings.

1. — *La matière organique.*

Dans le cas général, la quantité moyenne de matière organique augmente avec le pourcentage des calcaires (fig. VI. 19).

La figure VI. 20 concerne le seul domaine marin. Elle montre qu'il existe une production de matière organique amorphe liée à la sédimentation calcaire et égale à 1/3 environ de la production marine générale (c'est-à-dire non liée à la sédimentation calcaire) ; les échantillons — donc les séries — les plus riches sont ceux où le pourcentage de calcaire varie de 20 à 50 %.

Toujours dans le domaine marin (fig. VI. 21), les séries sans argile contiennent une quantité moyenne de matière amorphe égale à 2. Cette quantité moyenne est très voisine pour les séries unique-

Source : MNHN, Paris

ment constituées d'argile. Par contre, les échantillons contenant entre 10 et 40 % d'argile ont une quantité moyenne de matière amorphe plus grande, la quantité maxima correspondant à 30 % environ.

Enfin, la fig. VI. 22 montre que les échantillons les plus riches en matière organique sont ceux dont la composition ne comporte qu'un pourcentage insignifiant de grès.

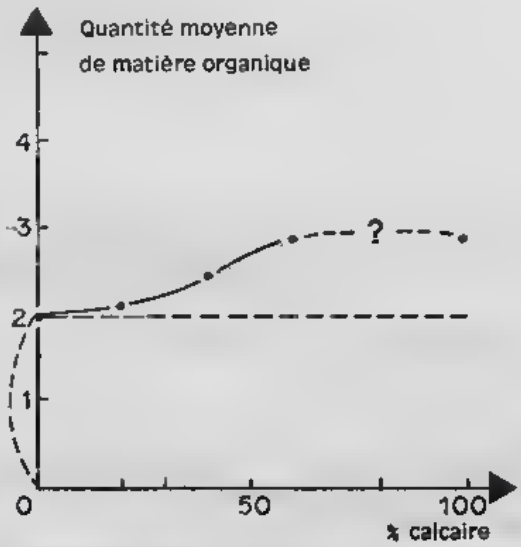


Fig. VI. 19. — Cas général.

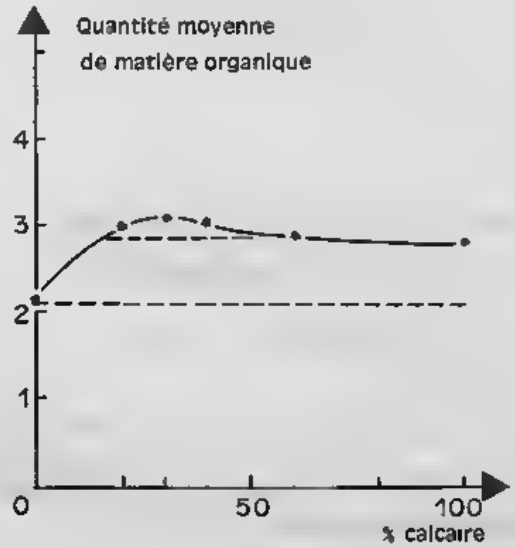


Fig. VI. 20. — Domaine marin.

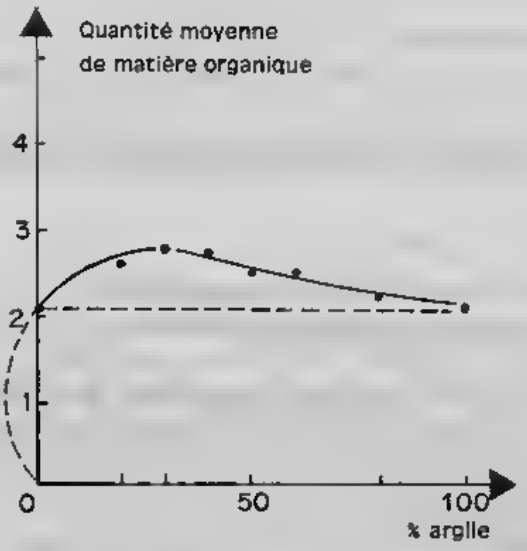


Fig. VI. 21. — Domaine marin.

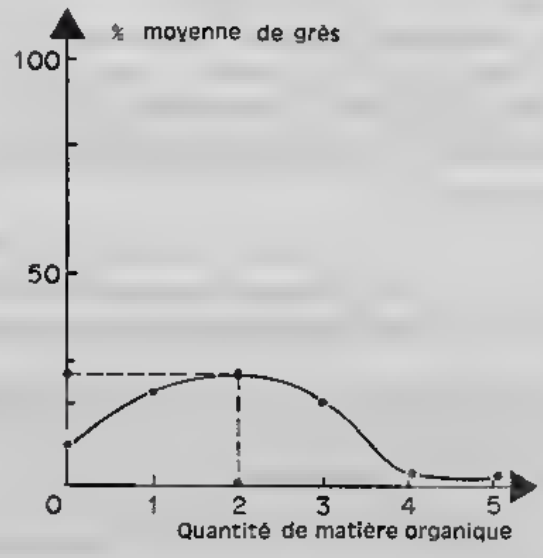


Fig. VI. 22. — Cas général.

2. — *Les pollenospores.*

Les fig. VI. 23 et VI. 24 montrent que, dans le cas général, la richesse moyenne en pollenospores augmente avec l'importance de la sédimentation argileuse dans les séries, le maximum de richesse correspondant aux séries comportant environ 80 % d'argile.

Source : MNHN, Paris

Le phénomène est à peu près identique dans le domaine continental et dans le domaine marin ; toutefois, la richesse moyenne des argiles continentales est environ deux fois plus faible que celle des argiles marines, les maxima se situant dans les deux cas vers 80 % d'argile.

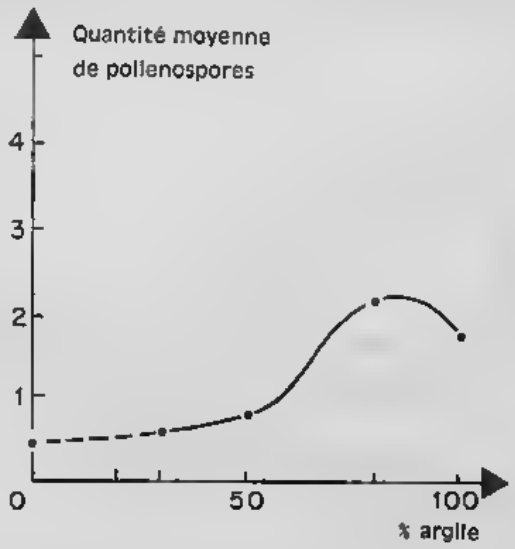


Fig. VI. 23. — Cas général.

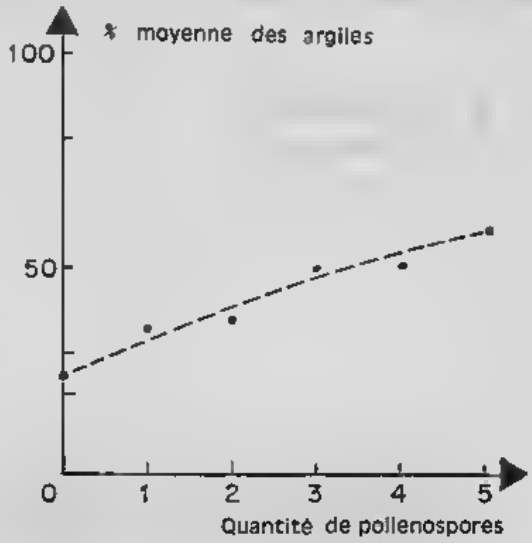


Fig. VI. 24. — Cas général.

La figure VI. 25 montre que, dans le cas général, la richesse moyenne en pollenospores diminue lorsque l'importance des séquences gréseuses augmente, la richesse moyenne maxima se situant vers 20 % de grès. Il faut noter que ce chiffre correspond à celui qui avait été déduit de l'interprétation de l'abondance moyenne de quartz pélitique (fig. VI. 3).

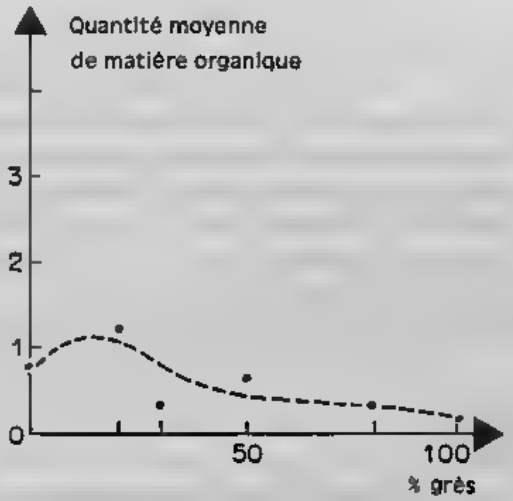


Fig. VI. 25. — Cas général.

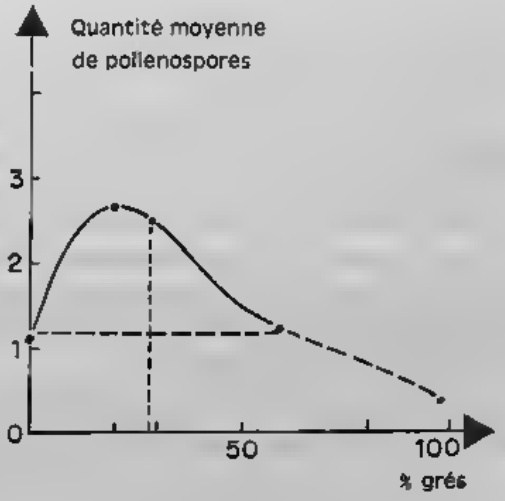


Fig. VI. 26. — Domaine marin.

Dans le domaine marin, les échantillons analysés les plus gréseux n'ont que 50 % de grès. La fig. VI. 26 montre que la moyenne de richesse générale en pollenospores est multipliée par 2,5 environ dans les échantillons — donc les séries — ayant entre 20 et 30 % de séquences gréseuses. Par contre, lorsque la sédimentation gréseuse est plus importante, la richesse moyenne diminue et, pour 50 % de grès, devient égale à la richesse moyenne générale. Ces faits statistiques peuvent trouver l'explication suivante : les pollenospores entraînés par les courants avec les particules détritiques ont tendance à

Source : MNHN, Paris

ne se déposer que très loin dans la zone encore influencée par la sédimentation gréseuse mais où celle-ci n'a plus qu'une importance de l'ordre de 20 à 30 % dans la sédimentation générale.

Enfin la figure VI. 27 montre que dans le domaine marin :

— la moyenne générale de richesse en pollenospores des séries marneuses est environ deux fois moindre que celle des séries argileuses.

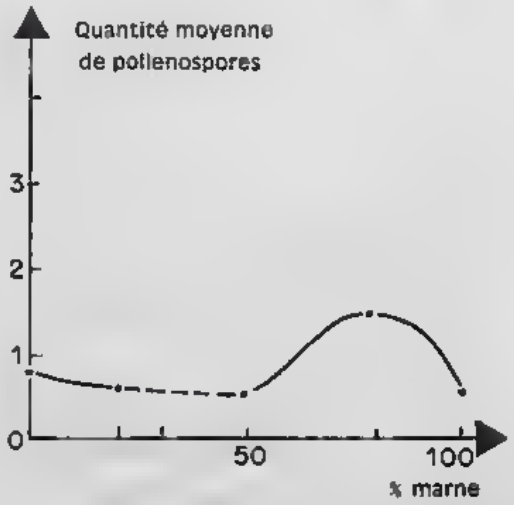


Fig. VI. 27. — Domaine marin.

— la richesse moyenne maxima s'observe également dans les séries ayant environ 80 % de marnes mais, elle est là près de deux fois moindre que dans les séries ayant 80 % d'argiles (fig. VI. 23). Ces faits statistiques peuvent trouver une explication dans la genèse de ces deux constituants : une marne est constituée d'une partie argileuse et d'une partie calcaire ; or, la sédimentation calcaire n'est bien sûr pas génératrice d'apports sporo-polliniques [1].

D. — Conclusion.

Tous les faits statistiques qui sont énoncés ci-dessus constituent des informations intéressantes en elles-mêmes mais relatives à deux données sédimentologiques seulement. Il s'agit de les comparer et de les coordonner afin de les situer dans le cadre de la sédimentation en général. Il faut pour cela teni compte de ce que ces constatations statistiques correspondent à des situations théoriques idéales parce que moyennes. Imaginons aussi un cadre de sédimentation théorique idéal, une plate-forme (fig. VI. 28) avec, à droite le domaine continental (continent africain secondaire) et, à gauche un domaine marin de plus en plus ouvert sur la haute mer (Mésogée) où se seraient déposées, avec une théorique régularité, de gauche à droite :

— des séries uniquement gréseuses grossières ou non calibrées,

— des séries gréseuses fines de plus en plus intercalées d'argiles,

— des séries argileuses, de moins en moins intercalées de grès fins, puis de plus en plus intercalées de marnes et de calcaires,

— des séries calcaires, d'abord peu intercalées de grès, puis de moins en moins intercalées d'argiles puis de marnes, des séries entièrement calcaires enfin. A ces calcaires sont liés des marnes (dont la genèse n'est possible que là où la sédimentation carbonatée est possible).

1. D. Noël (1968) a mis en évidence, dans des séries du même type (Barrémien d'Angles, France), que les passées calcaires correspondraient à un pullulement de certaines espèces de nannofossiles, propres à la sédimentation calcaire franche ; dans les passées marneuses, ces mêmes espèces sont infiniment plus rares alors que s'observe un enrichissement en spores.

Source : MNHN, Paris

Sur la figure VI. 28 la composition moyenne de ces séries, où alterneraient les divers constituants pétrographiques, est figurée d'après les proportions globales de ces derniers, la somme étant égale à une unité théorique d'épaisseur constante. Pour simplifier, ne sont pris en considération, ni le gypse et l'anhydrite, roches dues à des précipitations chimiques et dont le milieu de dépôt n'est pas connu pour être lié à une vie benthique ou planctonique intense.

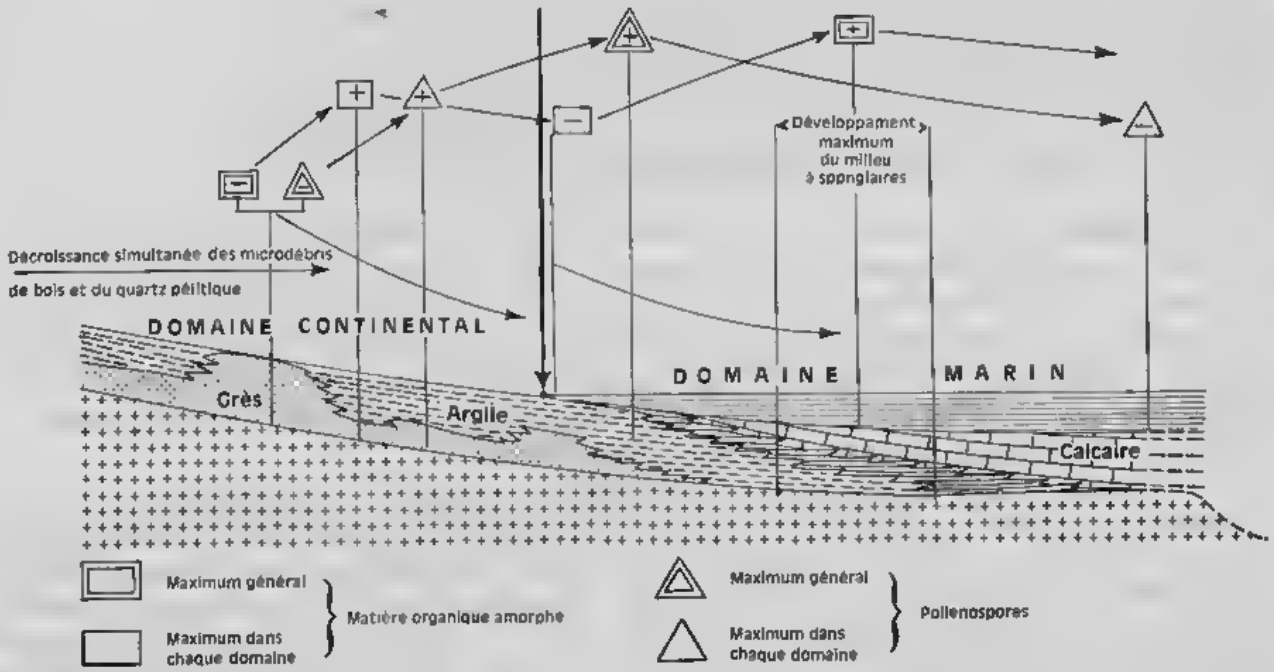


FIG. VI. 28. — Schéma théorique de la répartition des divers éléments palynologiques dans le cas d'une plateforme de sédimentation argilo-gréseuse et carbonatée.

La limite théorique du domaine marin est fixée en-deçà des calcaires et des marnes dans une zone où la proportion des grès est de 50 %. Dans le domaine continental, peuvent alterner des zones entièrement gréseuses ou entièrement argileuses avec toutes les dispositions intermédiaires. Ce schéma correspond à l'échantillonnage analysé.

Par rapport à ces domaines sédimentaires théoriques, il est possible d'illustrer les principaux phénomènes de la sédimentation palynologique.

1. — *Répartition de la matière organique amorphe.*

La quantité de matière organique amorphe est maxima, nous l'avons vu, entre les valeurs 30 à 50 % de calcaire et 10 à 50 % d'argile. Il s'agit de la zone où alternent calcaires, argiles et marnes. Le minimum de richesse de la matière amorphe se situerait dans les séries continentales entièrement gréseuses, le maximum dans les séries marines dont la proportion d'argile est de 30 %, une diminution légère étant observée lorsque les séries sont de plus en plus calcaires au-delà de 50 %. Comment interpréter cette constatation ? Deux phénomènes sont à remarquer :

1. — La quantité moyenne de matière organique amorphe est identique (coefficient 2) dans l'ensemble d'échantillons sans spicules et dans l'ensemble d'échantillons sans calcaire (fig. VI. 18 et VI. 20). Cette identité résulte peut-être du fait que la présence des éponges (du moins celle dont on retrouve les microspicules) est liée à la sédimentation calcaire, même si celle-ci n'influence que faiblement la sédimentation globale locale. Par contre, la généralisation du milieu à Spongiaires, fortement producteur, ne paraît pas aller de pair avec l'importance croissante de la sédimentation carbonatée (fig. VI. 20) non plus qu'avec celle de la sédimentation argileuse en domaine marin (fig. VI. 21). Il semble que la généralisation du milieu à Spongiaires corresponde à peu près à la zone de moyenne impor-

Source : MNHN, Paris

tance des calcaires et des argiles, et coïncide plus ou moins avec la zone d'abondance maxima de matière organique amorphe.

2. — La quantité moyenne de matière organique des échantillons uniquement marins sans calcaire (fig. VI. 20) est égale (coefficient 2) à celle des échantillons de tous les domaines (continental, laguno-intermédiaire et marin) sans calcaire, de même qu'à celle des échantillons de tous les domaines sans spicule. Ceci est remarquable : si l'on admet que tous les échantillons avec calcaire ou avec spicules sont marins — ce qui est très probable — on déduit que la quantité moyenne de matière organique amorphe pour l'ensemble des échantillons continentaux et laguno-intermédiaires est très voisine de celle de l'ensemble des échantillons marins sans calcaire ou sans spicule. Si elle avait été notoirement différente, la première valeur de la fig. VI.19 (% de calcaire = 0) eût été modifiée par rapport à celle qui lui correspond sur la figure VI. 20, et ceci, d'autant plus sensiblement que la somme totale des échantillons continentaux et laguno-intermédiaires est deux fois plus élevée que le nombre des échantillons marins.

Ce fait statistique conduit à énoncer la proposition suivante : si on ne tient pas compte de l'excédent de matière organique amorphe dont l'existence est liée aux conditions de la sédimentation calcaire en général et au milieu à Spongiaires en particulier, la quantité moyenne de matière organique pour l'ensemble du domaine marin est égale à celle de l'ensemble des domaines continental et laguno-intermédiaire. Deux explications hypothétiques de ce fait statistique peuvent être formulées :

— la production marine étrangère aux conditions de sédimentation calcaire est à peu près égale à celle du continent (végétation) et cette égalité n'est qu'un hasard.

— le « fond » marin auquel s'ajoute la production liée aux conditions de sédimentation calcaire est constitué par la matière organique allochtone d'origine continentale parvenue et déposée en milieu marin au sein des argiles par exemple. Cette hypothèse trouverait une confirmation dans le fait que les échantillons marins ayant 100 % d'argile par exemple ont en moyenne une quantité de matière organique amorphe égale à ce « fond » (fig. VI. 21). Par contre, elle ne concorde pas avec certaines estimations citées par O. K. Bordovskiy (1965). Cet auteur écrit bien (p. 8) : « The organic matter in waters is both autochtonous in origin, associated with the biological life of the basin itself, and allocbtonous, derived from without. ... Rivers play the main part in the supply of allochtonous organic matter to basins », mais il cite les chiffres suivants : dans les mers ouvertes, cet apport est inférieur à 1 % du volume total ; dans les mers fermées telles que la mer d'Azov et la Caspienne, il atteindrait respectivement 2,8 et 3 %. Ces rapports sont très éloignés de ceux qui sont déduits — d'une manière hypothétique — des observations palynologiques sur le Mésozoïque saharien ; remarquons pourtant que le bassin saharien a été presque littéralement rempli de matériel d'origine continentale.

2. — *Répartition des pollenospores.*

Contrairement à une idée habituellement répandue, la richesse moyenne en spores et pollens est ici à peu près deux fois plus forte dans le domaine marin que dans le domaine continental. Dans ce dernier, les séries très gréseuses sont pratiquement dépourvues de pollenospores, tandis que les séries argileuses à 80 % et gréseuses à 20 % sont en moyenne les plus riches. Dans le domaine marin, la pauvreté maxima se situe au contraire dans les séries calcaires, tandis que les séries argilo-gréseuses à 20 % de grès sont les plus riches de toute la plate-forme de sédimentation.

3. — *Répartition des microdébris de bois.*

Les microdébris de bois (lignine) sont transportés et déposés avec la sédimentation gréseuse fine et il est remarquable que, dans le domaine marin, leur abondance soit proportionnelle à celle du quartz pélitique. Par contre, les séries gréseuses grossières contiennent peu de microdébris de bois. Ce fait statistique est observable sur le cas particulièrement éloquent de l'Extrême-Sud tunisien. Dans cette province, la base du Barrémien — aux influences marines très faibles — est constituée de séries détritiques grossières contenant des galets de bois silicifiés en quantité énorme. Or, ces séries sont en moyenne trois fois plus pauvres en microdébris de bois que celles du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien et du

Source : MNHN, Paris

Jurassique supérieur-Néocomien à la sédimentation détritique plus fine et plus faible et aux influences marines bien plus importantes. Ainsi les microdébris de bois sont emportés par les eaux courantes et déposés avec les quartz pélitiques, parfois très loin des côtes (à la faveur de courants), mais généralement dans la zone marine néritique.

En conclusion, la sédimentation palynologique apparaît comme un phénomène d'une extrême complexité en raison du nombre élevé de paramètres qui la déterminent. A partir de l'étude des relations statistiques entre les éléments palynologiques d'une part, entre ces éléments et la nature lithologique moyenne des séries d'autre part, il a été possible de définir pour la plate-forme de sédimentation saharienne au moins, quelques types théoriques de séries sédimentaires correspondant à des minima ou des maxima de richesse en pollenospores, en matière organique amorphe, en microdébris de bois, et de situer ces séries-types par rapport à l'ensemble des domaines de sédimentation. On a pu observer ainsi, comment la production végétale microscopique s'y est répandue jusque dans les faciès marins où elle s'est mêlée à la matière organique produite localement.

Source : MNHN, Paris

CONCLUSION GÉNÉRALE :

VALEUR DES RÉSULTATS ET DES MÉTHODES

Au terme de l'étude palynologique d'un immense bassin de sédimentation situé en bordure d'un des plus grands boucliers continentaux du monde, étude concernant la quasi-totalité d'une ère géologique, il convient de s'interroger sur la valeur des résultats obtenus ainsi que sur la nature et les possibilités des moyens matériels et des méthodes mises en œuvre. Nous considérerons donc successivement tous les domaines auxquels cette étude palynologique a apporté une contribution d'importance plus ou moins déterminante, c'est-à-dire la stratigraphie, la paléobotanique et la systématique, la paléogéographie et la sédimentologie.

A. — Stratigraphie.

La zonation stratigraphique obtenue à l'aide de la Palynologie est du même ordre que celle que G. Busson (1970) a proposée à partir des données géologiques générales, du moins si on considère globalement toutes les régions sahariennes. Nous avons vu (chapitre I) qu'en raison de la nature des milieux de dépôt des sédiments, la paléontologie en général entre pour une faible part dans l'établissement de la stratigraphie du Mésozoïque saharien, stratigraphie qui a été établie en s'appuyant sur la reconnaissance des faciès et en particulier sur celle des horizons lithologiques de faible épaisseur et de grande extension. On espérait donc de la palynologie qu'elle apporte, d'une part des précisions chronologiques, d'autre part une zonation plus fine de l'ensemble des sédiments mésozoïques du Sahara. Les tableaux V. 1 et V. 2 synthétisant les résultats stratigraphiques montrent que, de ces deux points de vue, les résultats sont variables selon les périodes du Mésozoïque.

1. — *Nature et valeur des résultats.*

Par la palynologie, j'ai pu limiter approximativement le Trias saharien, y reconnaître trois zones consécutives — la plus récente englobant la partie inférieure du Lias — et attribuer un âge assez précis à chacune d'elles : Muschelkalk moyen et supérieur, Keuper, Rhétien-Hettangien. Du point de vue chronologique, une sensible contribution est donc apportée puisqu'on ignorait si le Trias inférieur existait sur la plate-forme saharienne et qu'on ne disposait que d'une seule indication relativement précise : certains horizons plus ou moins carbonatés sous-jacents aux séries évaporitiques étaient à attribuer au Trias moyen, dans l'Extrême-Sud tunisien du moins. Quant à la zonation palynologique, elle permet des subdivisions moins fines que la zonation lithologique propre à chaque province, mais elle présente l'inestimable avantage d'avoir une valeur chronologique générale.

Au Jurassique, la palynologie n'apporte que des précisions stratigraphiques mineures. Elle ne date pas à proprement parler le Niveau B, mais l'âge sinémurien déjà avancé pour cette formation (voir chapitre I), est tout à fait compatible avec les données palynologiques qualitatives. Dans l'inter-

Source : MNHN, Paris

valle Lias moyen-Dogger inférieur, aucune précision chronologique et aucune zonation supplémentaire ne sont apportées par la palynologie, de sorte que la stratigraphie régionale établie sur la considération des diverses formations demeure le cadre le plus précis et le seul utilisable pour cet intervalle. Dans la partie supérieure du Jurassique, le « Bathonien » et le « Callovo-Oxfordien-Kimméridgien » n'ont pu être sous-divisés par la palynologie. Par contre, celle-ci précise, du point de vue chronologique, que ces formations seraient en fait plus récentes — au moins dans l'Extrême-Sud tunisien — et en particulier que le toit de la seconde de ces formations correspond approximativement au Jurassique terminal. La limite Jurassique-Crétacé se trouve ainsi mieux située dans la succession lithologique.

Au Crétacé enfin, tous les étages sont reconnus, à l'exception de ceux du Néocomien, mais aucune zonation plus précise n'y est apportée. Du point de vue chronologique, cependant, ainsi que nous l'avons vu ci-dessus (c'est-à-dire dans l'Extrême-Sud tunisien), la palynologie amène à penser que l'intervalle désigné « Jurassique supérieur-Néocomien » correspondrait en fait au seul Néocomien.

En résumé, dans l'ensemble la stratigraphie établie par l'analyse palynologique équivaut à celle qui résulte des données disponibles de la géologie générale. La première confirme la seconde, la précise parfois du point de vue chronologique, mais n'apporte que dans de rares cas une zonation plus fine. Or, sur ce dernier point, on pouvait attendre des résultats meilleurs, L'imprécision de ceux qui sont obtenus sont-ils dus à la « nature des choses » ou aux méthodes employées ?

2. — *Les conditions naturelles.*

Il est incontestable que les conditions naturelles sont, pour beaucoup, responsables de la précision limitée des résultats. D'une part, d'une manière générale et en Europe en particulier, les échelles palynologiques du Secondaire sont en fait très compréhensives (principalement entre le Jurassique moyen et le Néocomien). Cela tient à l'évolution de la flore, plus ou moins ralentie selon les périodes. D'après les travaux publiés, si le Trias montre des zonations à l'intérieur des étages, il n'en est pas de même du Lias ni du Crétacé moyen, exception faite des échelles fines applicables dans des régions tout à fait localisées. Quant à la période allant du Dogger au Néocomien, la variété des espèces est extrême mais elle s'accompagne, dans de nombreux cas, d'une perennité telle que les étages sont assez malaisément reconnaissables par la microflore.

Ces inconvénients naturels, d'ordre purement paléobotanique, sont aggravés par les conditions sédimentologiques particulières du Mésozoïque saharien. D'une part la sédimentation évaporitique serait liée (G. Busson 1968) à des conditions climatologiques apparemment défavorables au développement de la végétation, donc à la production sporopollinique ; d'autre part, la sédimentation détritique, si importante dans le Mésozoïque saharien, fut indubitablement liée à de fréquents remaniements de sédiments. A propos de l'influence néfaste de ces remaniements pour la palynostratigraphie, je voudrais rappeler — bien qu'un tel développement soit assez peu à sa place dans le cadre des conclusions, même si celles-ci sont consacrées à des considérations sur l'objet étudié — quelques exemples cités par d'autres auteurs et de nature à souligner l'importance possible de cette influence.

I. M. Muir (1967) explique que, si les microfossiles palynologiques sont parfois oxydés ou brisés au cours du cycle naturel d'érosion et de transport, dans un environnement deltaïque ou sub-aqueux, le potentiel d'oxydation est réduit de sorte que les spores sont aisément conservées. Ainsi, J. Muller (1959) trouve dans les sédiments constituant l'actuel delta de l'Orénoque jusqu'à 84 % de grains remaniés. De même, d'après J. Caratini (communication orale), les dépôts actuels de la Gironde (France) contiennent des milliers de grains de *Classopolis* par gramme de roche, grains produits au cours du Secondaire. En général, on observe une nette décroissance des pollens remaniés vers le large. Pourtant, les remaniements de sédiments en milieu marin existent (J. Stanley 1967) : c'est par de tels phénomènes que J. Muller (1959) explique la présence, dans l'aire marine du Sud et du Sud-Ouest de Trinidad, de 8 % de pollenospores remaniés. Il n'est même pas absolument certain que les passées de lignite rencontrées au sein des séries « deltaïques » du Mésozoïque saharien ne contiennent que des pollenospores contemporains du dépôt. E. Turnau (1962) souligne la présence de spores du Westphalien dans des fragments de charbon inclus dans des dépôts clastiques grossiers du Crétacé des Carpathes externes. Bien mieux, K. Birkenmayer et E. Turnau (1962) signalent dans le flysch aalénien des Carpathes, au

Source : MNHN, Paris

sein d'une série de turbidites parfaitement classées et en position normale dans le cycle de granulo-classement, des passées charbonneuses sans aucune texture clastique et constituées exclusivement de spores du Carbonifère supérieur !

D'une manière pratique, s'il est aisé de reconnaître les spores remaniées lorsque celles-ci sont très anciennes par rapport au sédiment analysé, il est beaucoup plus difficile de suivre les phénoménes lorsqu'il s'agit d'un remaniement de sédiments d'un étage au cours de l'étage suivant. De ce point de vue, j'attire l'attention sur l'avantage de l'enregistrement des microflores dans un fichier mécanographique et du contrôle permanent à l'aide de l'ordinateur : les tableaux de répartition stratigraphique des espéces, tels que ceux reproduits au chapitre IV, permettent de déceler relativement aisément les présences anormales — parce que intermittentes ou exceptionnelles — de certaines espéces (chiffres rayés d'une croix dans les tableaux de répartition).

Enfin, dans deux cas fréquents, les conditions naturelles étaient encore défavorables à l'établissement d'échelles palynologiques précises : 1) celui de la sédimentation détritique continentale — sous certaines conditions climatiques — dont nous avons vu qu'elle ne permettait pas la conservation dè la microflore, 2) l'envabissement par le domaine marin à partir du Cénomanien expliquant l'extrême pauvreté de la microflore sabarienne du Cénomano-Turonien.

3. — *Valeur des méthodes employées.*

Les résultats stratigraphiques relativement limités sont-ils dus — en partie au moins — aux méthodes employées ? Il faut rappeler que les principaux objectifs d'ordre stratigraphique étaient les suivants : 1) l'établissement d'une échelle palynologique de valeur chronologique certaine — ou la plus certaine possible — et valable pour l'ensemble des régions sahariennes étudiées ; 2) l'utilisation aisée de cette échelle. Une méthode palyno-stratigraphique, la plus employée en particulier dans l'industrie pétrolière, consiste à découvrir, en faisant abstraction de toute hypothése stratigraphique préalable et en analysant systématiquement des séries continues, des repères palynologiques qualitatifs ou quantitatifs et à proposer ainsi des corrélations entre les séries analysées, corrélations qui sont alors confrontées aux autres données contribuant à l'établissement d'une échelle stratigraphique (lithologie, micropaléontologie, microfaciés, etc...). Rapidement au cours de l'étude du Mésozoïque saharien, il est apparu : 1) que tel ou tel critère paraissant un excellent marqueur dans un ou deux sondages ne se rencontrait pas dans d'autres sondages ; 2) que parmi certaines formations presque évidemment synchrones, les unes fournissaient une microflore d'une extrême abondance, d'autres d'une extrême pauvreté ; 3) que les critères quantitatifs étaient soumis à la nature de la sédimentation locale ; 4) que les critéres qualitatifs devenaient suspects — au moins pour les périodes de disparition des espéces — compte tenu des remaniements évidents. De tels inconvénients, dus au fait que le bassin étudié est immense et d'une exceptionnelle variété sédimentologique — contrairement aux régions localisées habituellement étudiées, telles que celle d'un champ pétrolifère par exemple —, étaient de nature à mettre en question le fondement chrono-stratigraphique des zones palynologiques éventuellement établies sans tenir compte d'une stratigraphie préalable.

Dans ces conditions, il est apparu préférable d'adopter *a priori* un cadre stratigraphique sinon précis du moins à peu prés sûr — celui des grandes unités de G. Busson (1970) — afin : 1) de caractériser palynologiquement chaque unité ; 2) de tenter de la subdiviser en zones palynologiques plus étroites.

L'enregistrement des informations sur un fichier mécanographique constituait le procédé garantissant le mieux la possibilité d'utiliser l'une et l'autre méthode. En y notant toute la microflore rencontrée à chaque niveau de chaque sondage, il est possible de tenter d'établir des corrélations entre sondages de profondeur à profondeur ; en y notant la situation stratigraphique probable de chaque échantillon analysé, il est possible de caractériser palynologiquement et d'une maniére statistique chaque intervalle stratigraphique.

Dans le cadre de la première méthode de recherche, il vient immédiatement à l'esprit d'utiliser le fichier mécanographique pour appliquer la méthode de recherche statistique des corrélations entre des séries suivies : la *méthode des distances minimales* (B. de Jekhowsky 1963). Cette méthode n'a pas été mise en œuvre dans le présent travail parce qu'elle ne s'applique avec efficacité que dans le cas

Source : MNHN, Paris

de deux séries d'échantillons montrant en fait des caractéristiques qualitatives et quantitatives voisines (sondages voisins d'un champ pétrolifère par exemple).

Ici le fichier mécanographique a été principalement utilisé dans le but de mettre en évidence les ressemblances ou les dissemblances entre : 1) les grandes unités ; 2) les formations constituantes.

Quant au programme d'interprétation paléonto-stratigraphique, il garantit à mon avis, par l'introduction du quantitatif, la meilleure datation possible d'une population palynologique donnée.

Remarques.

Suivant la quantité de références disponibles ou la précision du résultat souhaitée, il va de soi qu'une sélection des populations réelles devrait intervenir dans toute recherche de datation.

a. — La comparaison systématique le plus scientifiquement fondée ne devrait considérer en références que les gisements de la même province, de faciès et de position lithologique voisins ; lorsque ces références sont inexistantes ou peu nombreuses il faut prendre en compte soit l'ensemble des gisements de la même province mais de tous les faciès, soit l'ensemble des gisements de toutes les provinces mais de même faciès. En général on augmente ainsi la *précision* du résultat au détriment de sa certitude.

b. — De même les tests susceptibles *a priori* de fournir les résultats les plus précis sont ceux qui mettent en œuvre les populations virtuelles des intervalles stratigraphiques les plus minces (horizons) ; lorsque trop peu de références ont un tel degré de précision on ne peut envisager que les populations virtuelles de zones ou d'étages. On obtient ainsi un résultat moins précis mais *plus certain*.

B. — Systématique et paléobotanique.

Tous les résultats stratigraphiques relatifs au Mésozoïque saharien et résumés ci-dessus ont été obtenus par l'étude systématique des formes palynologiques. Dans l'ensemble, la microflore secondaire du Sahara ne se particularise pas par sa composition qualitative. La quasi-totalité des espèces rencontrées étaient déjà connues soit en Europe, soit en Australie, soit en Amérique du Nord, continents bien étudiés dans le domaine de la palynologie. Par contre, les associations et la composition quantitative moyenne sont, pour la plupart des étages, assez particulières au Sahara. Parmi les espèces sahariennes triasiques, par exemple, certaines sont très fréquentes en Europe, d'autres n'étaient connues qu'en Australie. De même au Jurassique et au Crétacé inférieur très peu d'espèces sont proprement sahariennes mais les pollens biaillés et les *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper, formes si fréquentes en Europe, sont absents au Sahara. Au Néocomien, ce sont les *Trilobosporites* et les *Cicatricosisporites* qui, à l'inverse de l'Europe, sont extrêmement rares. A partir du Barrémien par contre la microflore devient assez typiquement africaine ; différente de celle de l'Europe, elle traduit une flore analogue à celle de l'Afrique occidentale mais moins riche et moins variée.

Dans ces conditions assez peu d'espèces nouvelles ont été créées. Elles ne concernent d'ailleurs que des pollens très répandus et attribuables à des Conifères. Ainsi, le genre *Classopolis* Pflug a été amendé et 8 espèces africaines décrites (Y. Reyre 1970 ; Y. Reyre, G. Kieser et C. Pujol 1971). Je rappelle que, suivant les associations de ces seules espèces, 7 intervalles stratigraphiques peuvent être reconnus dans le Mésozoïque saharien ; c'est dire l'importance de l'étude qualitative de ces pollens. Trois genres nouveaux : *Taxacites*, *Cupressacites* et *Araucariapollenites* ont été créés à partir d'espèces fréquentes (répandues dans d'autres continents d'ailleurs) pour des raisons taxinomiques et paléobotaniques ; en effet, la précision de la morphologie due à la microscopie électronique à balayage a permis d'apporter au problème de l'attribution botanique des pollens inaperturés — si nombreux dans le Mésozoïque du monde entier — une contribution que je suppose fondamentale.

C. — Paléogéographie et sédimentation palynologique.

1. — *Paléogéographie.*

C'est dans ce domaine que l'étude palynologique a apporté une contribution majeure à la connaissance du Mésozoïque saharien. En ce qui concerne la paléogéographie on sait que les données

Source : MNHN, Paris

lithologiques ou micro-paléontologiques ne permettaient en général que de reconnaître les directions dans lesquelles l'influence marine ou l'influence continentale étaient de plus en plus marquée ou bien de reconnaître des pôles extrêmes de ces milieux, mais un problème demeurait : celui de la délimitation de tous les domaines intermédiaires — et progressivement disposés — entre le continental et le marin francs. J'ai pu identifier les milieux de dépôt en interprétant les données palynologiques qualitatives et quantitatives et par suite j'ai pu approximativement délimiter dans plusieurs intervalles stratigraphiques (chapitres v : I) le domaine marin permanent ; II) le domaine laguno-intermédiaire à épisodes marins ; III) le domaine laguno-intermédiaire sans épisode marin ; IV) le domaine laguno-continental ; V) le domaine continental sub-aérien, le caractère deltaïque pouvant se superposer aux quatre premiers.

Pourtant il va de soi que les reconstitutions proposées sont approximatives, ceci pour deux raisons :

1. — le nombre de points géographiques — c'est-à-dire de sondages — analysés est faible en regard de l'immensité de la plate-forme saharienne.

2. — La stratigraphie trop compréhensive ne permettait pas de tenter une reconstitution paléogéographique à une période précise, mais seulement une reconstitution moyenne pour une période assez large allant de l'étage au groupe des trois étages. Il n'en demeure pas moins que la cohérence des résultats obtenus constitue une justification *a posteriori* de la méthode utilisée ; celle-ci pourrait être, semble-t-il employée avec une bien plus grande efficacité dans le cadre d'une étude latérale d'un niveau stratigraphique précis et de dépôt relativement instantané. Notons d'ailleurs que, compte tenu de la nature des échantillons analysés — assemblages de cuttings — seul un essai de reconstitution moyenne pouvait être entrepris et que, inversement, pour de telles reconstitutions, les échantillons de cuttings, traduisant mieux la moyenne des influences diverses, sont préférables aux échantillons de carottes du moins pour obtenir des données quantitatives statistiques, ceci malgré tous les risques évidents de pollution et de retombées.

Remarque.

La délimitation globale de domaines tels que le « laguno-intermédiaire à épisodes marins » revient à admettre la grande difficulté de séparer les domaines franchement marin et laguno-intermédiaire. En fait ce domaine englobe les régions où on observe à l'intérieur d'une même formation une alternance de niveaux avec ou sans Acritarches mais sans Microforaminifères chitineux et de niveaux à Microforaminifères. Si on avait disposé d'un carottage continu dans ces séries, il eût été intéressant d'étudier d'une façon précise la répartition statistique de ces microfossiles selon les passées gréseuses par exemple, puis argileuses, puis carbonatées, ceci afin de rechercher si l'influence marine ou l'influence saumâtre suggérée par l'absence ou la nature des microfossiles cités ci-dessus est bien en relation avec les arrivées de matériel terrigène. Il est en effet peu probable que l'alternance de ces influences traduise des variations du rivage marin. Il s'agissait probablement d'un milieu de dépôt en parfaite continuité géographique avec le domaine marin dont la salinité était épisodiquement abaissée dès l'arrivée massive d'eau douce [1].

3. — *Sédimentation palynologique.*

En ce qui concerne le mécanisme de la sédimentation palynologique sur la plate-forme mésozoïque saharienne (chapitre vi), il faut souligner l'importance des faits statistiques en cette matière et celle primordiale, du point de vue pratique, de l'ordinateur pour mettre ces derniers en valeur. Pour tester la variation statistique de la quantité d'un élément palynologique par rapport à une dizaine d'autres paramètres et sur la base de 800 échantillons mesurés, on imagine le nombre d'opérations nécessaires. Il faut d'autre part garder présent à l'esprit que les faits statistiques symboliquement exprimés par la fig. VI. 28, chapitre vi — faits montrant les relations entre les types de sédimentation et la nature du contenu organique — correspondent en réalité à des situations plus théoriques que

1. A. Hallam (Éditorial *Marine Geol.*, 5, 1967, pp. 329-332) utilise le terme « oceanicity » pour décrire de tels phénomènes (p. 330).

Source : MNHN, Paris

réelles. Prenons un exemple précis : statistiquement, la quantité maxima de matière organique amorphe se rencontre dans les séries constituées d'alternance de calcaire, de marne et d'argile dans des proportions de 30 % environ pour les argiles et variant de 30 à 50 % pour le calcaire. Ce maximum s'explique par le fait qu'il y a là convergence de trois paramètres positifs déterminant la quantité de matière organique amorphe : la sédimentation calcaire, la sédimentation argileuse fine, la superposition du milieu à Spongiaires. Dans la réalité certaines séries de même composition lithologique globale peuvent parfois montrer une richesse nettement moindre en matière amorphe, due à l'absence d'un des paramétres positifs, le milieu à Spongiaires par exemple. Ainsi, par la convergence ou la divergence des divers paramètres positifs ou négatifs, la réalité se trouve être extrêmement complexe, mais il a été possible d'extraire de cette réalité les mécanismes déterminants de la sédimentation palynologique et d'observer comment la production végétale microscopique s'est répandue jusque dans les faciés marins où elle s'est mêlée à la matière organique produite localement.

En résumé, de ces études sur les milieux de dépôt et sur les mécanismes de la répartition des éléments palynologiques, il apparaît que la sédimentation en général est le résultat d'un jeu d'influences diverses, soit alternativement déterminantes, soit combinées en des valeurs moyennes. Paradoxalement, le phénomène sédimentaire étudié ici (sédimentation palynologique) n'a pu être valablement analysé que parce que l'étude était faite sur des échantillons de cuttings. Si on avait arbitrairement fractionné les séries étudiées en calcaires, marnes, argiles, grés, etc... on n'aurait pu mettre en évidence par exemple que ce sont statistiquement celles qui correspondent en moyenne à 80 % d'argile et 20 % de grès qui sont les plus riches en pollenospores, c'est-à-dire les séries constituées au lieu de dépôt de la grande masse argileuse mais également atteint — d'une manière périodique ou continue — par les dépôts détritiques fins dépassant les marges de l'aire de sédimentation gréseuse continue.

De même en fractionnant l'étude des séries d'après la nature pétrographique des bancs alternants, on n'aurait pu établir que, statistiquement, celles qui offrent la richesse maxima en matière organique amorphe sont celles qui, avec 30 à 50 % de calcaire et 30 % d'argile, correspondent au lieu où est atteint un degré important de sédimentation calcaire mais où parviennent encore les éléments terrigénes fins.

En conclusion, l'analyse palynologique globale — c'est-à-dire de l'ensemble de la matière organique visible — des sédiments secondaires du Sahara a permis de mettre en œuvre quelques méthodes de recherche d'ordre tant stratigraphique que sédimentologique. Dans ce dernier domaine, les résultats cohérents formulés dans ce mémoire n'ont été obtenus que parce que le bassin mésozoïque sabarien constituait un modéle exceptionnellement favorable à l'étude comparative de séries déposées dans des milieux allant progressivement du milieu continental sub-aérien au marin pélagique et de type sédimentaire allant de la sédimentation uniquement gréseuse à celle exclusivement argileuse ou de cette dernière à la sédimentation uniquement calcaire avec tous les termes intermédiaires — c'est-à-dire les séries où alternent avec une importance variable chacun des principaux constituants lithologiques. Un ensemble géologique aussi vaste et à la sédimentation aussi variée et progressive a-t-il un équivalent évident en cours de formation dans le monde actuel ?

Source : MNHN, Paris

INDICATIONS GÉNÉRALES SUR LES PROGRAMMES DE TRAITEMENT EN ORDINATEUR

Ces indications générales sont fournies en vue d'éventuelles consultations ou utilisations des fichiers et programmes qui existent à côté de ce mémoire et desquels ont été tirés tous les résultats exposés dans ce dernier.

1. — RAPPEL DE LA CONSTITUTION DES FICHIERS.

Le fichier général des informations géographiques, sédimentologiques et palynologiques est constitué de quatre fichiers élémentaires dont les trois premiers sont de type « emboité ».

Sur les cartes du fichier 1 sont indiqués successivement :

— le sondage (ou la coupe),
— la région (codification numérique),
— le nom de lieu (en toutes lettres),
— la longitude,
— la latitude,
— l'altitude du début de la coupe,
— la hauteur verticale de la coupe.

Sur les cartes du fichier 2 sont indiqués successivement :

— le sondage (ou la coupe),
— la cote de l'échantillon (ou du banc),
— la quantité de pélites de quartz contenues dans le résidu palynologique,
— la quantité de matière organique amorphe et son état diagénétique,
— la quantité de débris (et pourcentage de vaisseaux de bois, de sclérites, d'indéterminés noirs, etc...),
— l'état diagénétique du bois,
— la richesse en microfossiles,
— la formation lithologique ou la zone stratigraphique,
— la composition pétrographique de l'échantillon,
— la composition lithologique de la formation (pourcentage de bancs de calcaires, argiles, marnes, grès, anhydrite, sel.

Sur les cartes du fichier n° 3 sont indiqués successivement :

— le sondage (ou la coupe),
— la cote,

Source : MNHN, Paris

— le groupe morphologique
— le n° de l'espèce
— le nombre d'individus comptés

} répété 4 fois (4 informations paléontologiques de base par carte).

Sur les cartes du fichier 4 sont indiqués successivement :
— le groupe morphologique (codification alphabétique),
— la nature du fossile (ici pollen, spore, microforaminifère, etc...),
— 1re division systématique (ex. : trilètes),
— 2e division systématique (ex. : ornementées),
— 3e division systématique (ex. : verruqueuses),
— 4e division systématique,
— n° de classement systématique des groupes morphologiques (ici 1 à 42).

Remarques.

a. — Ce fichier peut être alimenté à volonté en informations nouvelles par addition de cartes dans chacun des fichiers élémentaires, les cartes pouvant être introduites sans ordre et les fichiers pouvant être mélangés.

b. — Plusieurs des indications du fichier 1 afférentes au faciès du résidu palynologique pourraient être remplacées dans le cas de fossiles autres que les fossiles palynologiques par des indications plus précises de faciès ou de microfaciès de la roche encaissante (fichier valable pour tout autre étude paléonto ou micro-paléontologique).

11. — MÉCANISMES DU TRAITEMENT EN ORDINATEUR

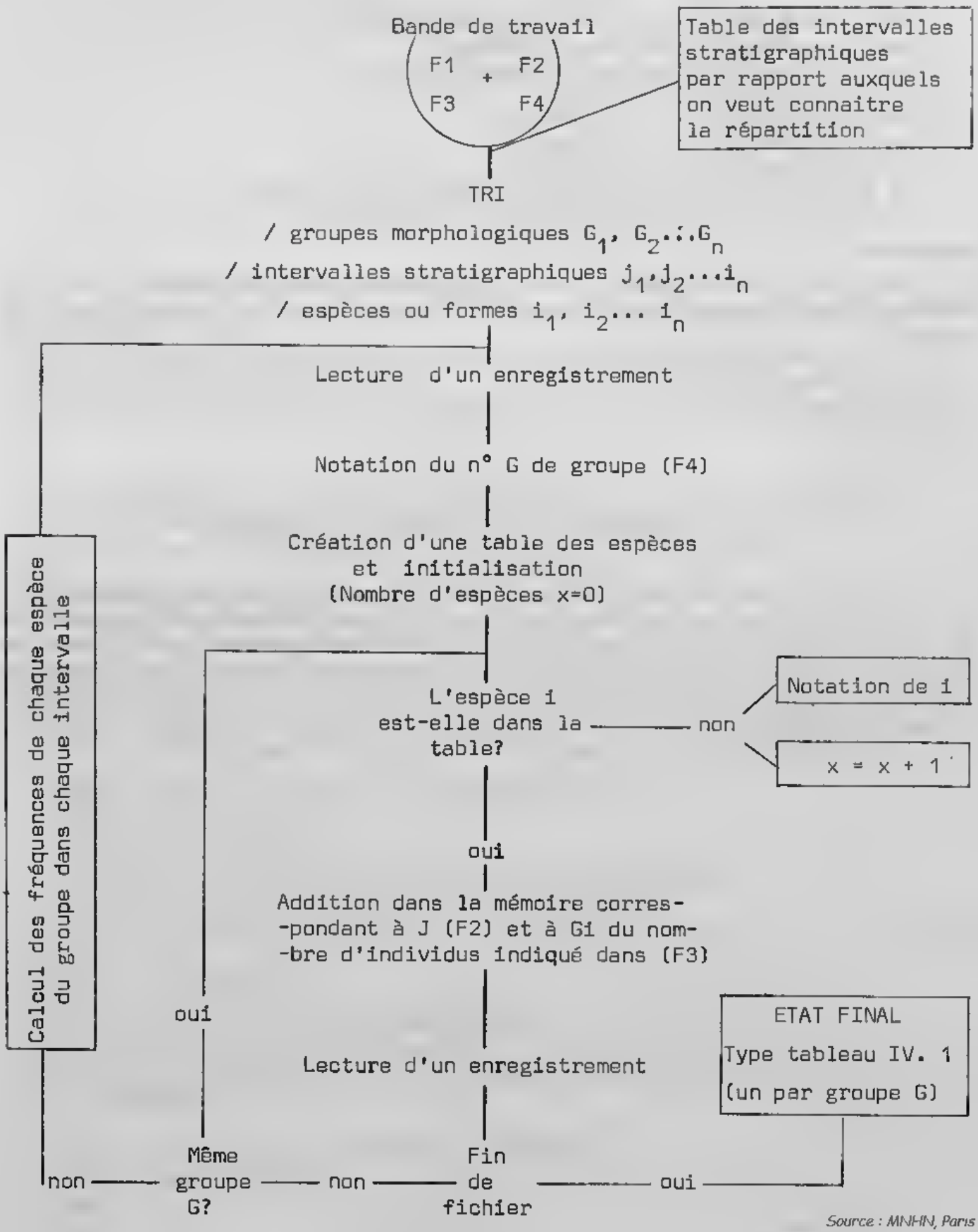
Avant le traitement scientifique proprement dit, les informations collectées sont d'abord mises à jour puis associées en enregistrements logiques du type / 1 / + / 2 / + / 3 / + / 4 /. Ceci est fait à l'aide d'un programme préliminaire qui fournit une bande de travail qui est ensuite utilisée en entrée des programmes de traitement scientifique qui sont 1) le programme de répartition stratigraphique des espèces 2) le programme d'interprétation paléonto-stratigraphique 3) le programme de corrélations palyno-sédimentologiques.

Les ordinogrammes de deux premiers sont donnés dans les pages suivantes.

Source : MNHN, Paris

REPARTITION STRATIGRAPHIQUE QUANTITATIVE DES ESPECES

(ORDINOGRAMME)



Source : MNHN, Paris

PROGRAMME D'INTERPRETATION PALEONTO-STRATIGRAPHIQUE

Première partie :sélections et tris

Deuxième partie :calcul des fréquences
-globales (Procédé A)
-moyennes (Procédé B)

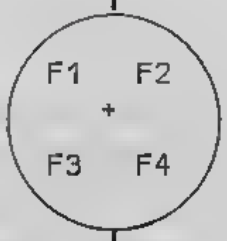
Troisième partie :calcul des D^2

PREMIERE PARTIE

(ORDINOGRAMME)

Sélection des régions par rapport auxquelles on veut effectuer les tests de datation ou de corrélation

Lecture de la table des intervalles stratigraphiques par rapport auxquels on veut situer les populations testées



TRI

/ Groupe morphologique $G_1, G_2 \ldots G_m$

/ intervalles stratigraphiques $j_1, j_2 \ldots j_n$

/ espèces ou formes $i_1, i_2 \ldots i_n$

OPTION

Procédé A ou Procédé B

(fréquences globales) (fréquences moyennes)

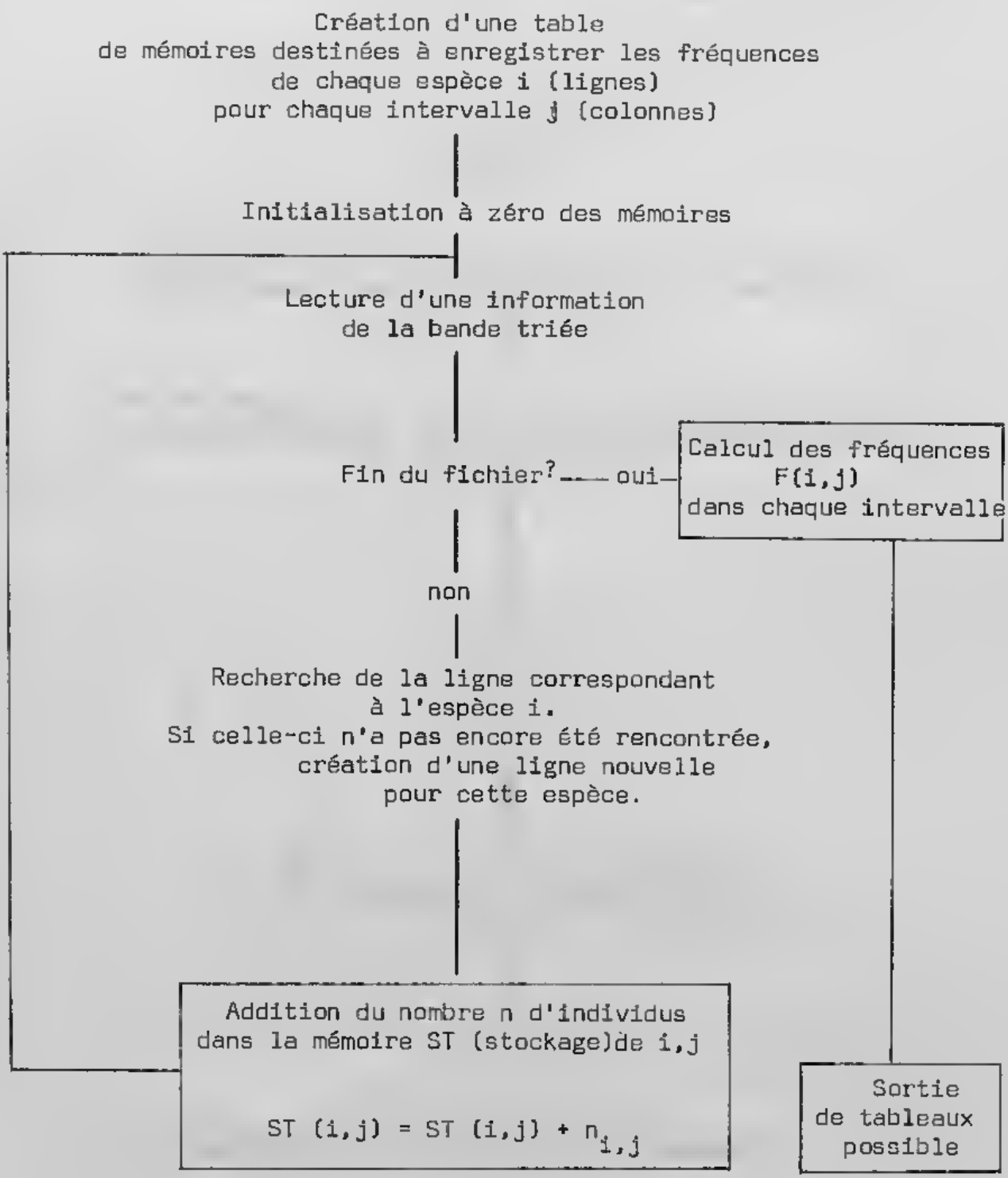
Source : MNHN, Paris

DEUXIEME PARTIE

(ORDINOGRAMME)

Procédé A : calcul des fréquences *globales* des espèces dans chaque intervalle stratigraphique

==========



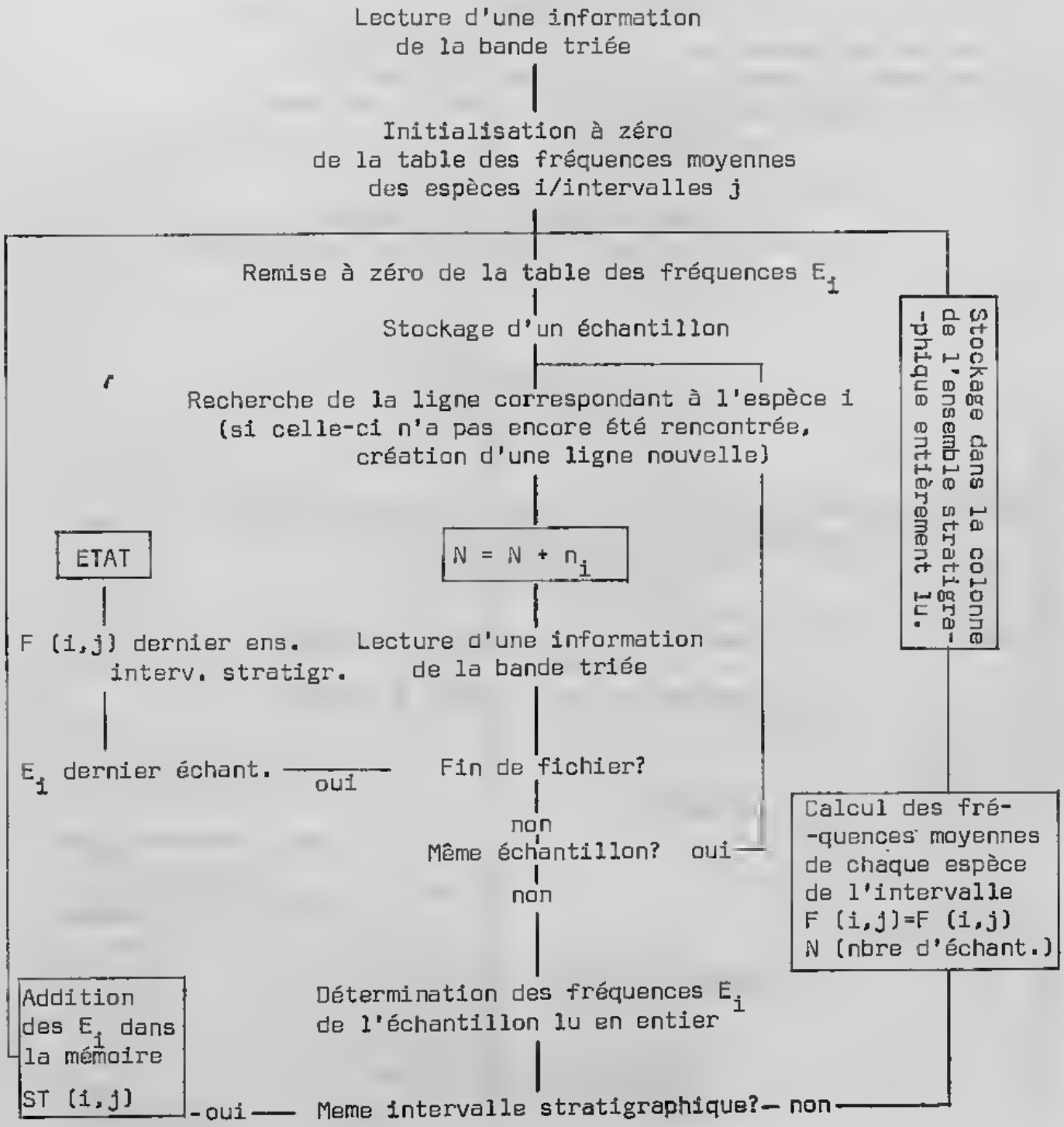
Source : MNHN, Paris

Procédé B : établissement des fréquences *moyennes* des espèces dans chaque intervalle stratigraphique

==========

On appelle E_i la fréquence d'une espèce i dans un échantillon
F_i la fréquence dans yn intervalle

==========



Source : MNHN, Paris

TROISIEME PARTIE

(ORDINOGRAMME)

Ressemblance d'un échantillon analysé
avec les divers ensembles stratigraphiques.
(test global ou par rapport à quelques
associations sélectionnées).

Lecture des fréquences globales ou moyennes (F(i,j)
contenues en mémoire ou enregistrées sur bande
(si aucune information nouvelle n'a été ajoutée dans
le fichier général)

↓

Lecture des populations à dater
et des tests à effectuer (associations à considérer)

↓

Calcul des fréquences
pour cet échantillon.

↓

Délimitation du groupe d'intervalles stratigraphiques
contenant au moins une des espèces
de l'échantillon.

(j_1 : ensemble le plus ancien, à gauche

j_2 : ensemble le plus récent, à droite)

↓

Calcul de $S_j = \sum_{i=1}^{i=N} (F_{(i,j)} - F_i)^2$ pour j variant entre j_1 et j_2
et N: nbre d'espèces

↓

Même calcul pour chaque test

↓

PRESENTATION DES TABLEAUX

Source : MNHN, Paris

INDEX DES GENRES ET DES ESPÈCES

A

abacus (Cicatricosisporites)..... 149
aequatorialis (Bullasporis)..... 136
Aequitriradites..... 135
africanus (Pteruchus)..... 177, 178, 179, 180
agathoecus (Lycopodiumsporties)..... 139
alata (Ephedra)..... 187
albiensis (Tricolpites)..... 185
Alisporites
australis..... 178, 179
Aneimia
— pseudaurifera..... 148
— tripartita..... 147
annulata (Trilites)..... 118
antartica (Podocarpidites)..... 176
antweilleriensis (Concavisporites)..... 110
Apiculatisporis..... 144
— jurassicus..... 144
Apiculatisporites..... 144
— globosus..... 144
— jurassicus..... 144
— spiniger..... 146, 198
apiverrucatus (Trilobosporites).. 120, 125, 193
Aporina..... 196
Applanopsis..... 114
— dettmannae..... 114
aptiensis (Stenozonotriletes)..... 107
araucana (Araucaria)..... 157
Araucaria
— araucana..... 157
— brasiliensis..... 155
— bidwellii..... 155, 165
Araucariacites..... 158
— australis..... 165, 166, 193
— guyanensis..... 166
— hungaricus..... 161
Araucariapollenites* .. 157, 158, 165, 168, 253
— hungaricus..... 161, 200
— laffittei*..... 157, 166
— liasicus*..... 160, 193
— pseudoaustralis*..... 163
— rigidus..... 168
argentae-formis (Uvaesporites)..... 131
articulatum (Lygodium)..... 129
asolidus (Trilites)..... 129
atlanticus (Inaperturopollenites)..... 166
Auriculiidites
— laevigatus..... 189
australis (Alisporites)..... 178, 179
australis (Araucariacites)..... 165, 166

B

Baculatisporites..... 128, 144
— comaumensis..... 138
— pileolus..... 146
balmei (Lygodiidites)..... 115, 211
balmei (Sphaeripollenites)..... 159, 160
baculatus (Lycopodiacidites)..... 130
Bennettitaepollenites..... 182, 183
— minimus..... 184
bernissartensis (Trilobosporites)..... 120, 131
bidwellii (Araucaria)..... 155, 165
Biretisporites..... 102
— potoniaei..... 105
brasiliensis (Araucaria)..... 155
breviformis (Ovalipollis)..... 178, 197
Bullasporis..... 136
— aequatorialis..... 136
bussoni (Classopollis)..... 190

C

Camerosporites..... 192, 193, 196, 212
— secatus..... 152
canadensis (Trilobosporites)..... 125
Calamospora..... 101
— mesozoica..... 107, 108, 211
Callialasporites..... 169
Cardioangulina..... 102
— crassiparietalis..... 110

Source : MNHN, Paris

carpentieri (Cycadopites). 183
castellaini (Elaterosporites)..... 153
castellatus (Reticulatisporites)..... 140
cavus (Cingulatisporites)..... 117
Caytonanthus
— oncodes. 176, 177
Cedripites
— cretaceus 176
Cerebropollenites 169
chateaunovi (Classopollis)..... 196
Cicatricosisporites.. 146, 147, 148, 149, 150, 198, 253
— abacus 149
— dunrohinensis 142
— magnus..... 149
— orbiculatus..... 148
— recticicatricosus 148
Cingulatisporites..... 117
— cavus 117
— levispeciosus 117
Classopollis.. 23, 155, 190, 193, 196, 200, 201, 205, 212, 214, 253
— bussoni..... 190
— cbateaunovi..... 196
— jardinei..... 190, 193, 198, 201, 214
— kieseri..... 190, 196, 197, 201
— noelae..... 190
— quezeli..... 190, 196, 201
clathratus (Gnetacaepollenites)..... 188
Clavifera. 103, 106
comaunensis (Trilites) 138
Combaculatisporites
— cretaceus 138
concava (Dennstaedtia) 130
Concavisporites..... 102
— antweilleriensis..... 110
— montis-brassicae 109
— punctatus. 102, 128
Concavissimisporites.. 102, 106, 110, 118, 119, 130, 138
— mutabilis..... 128
— potoniei 122
— punctatus..... 128
— variverrucatus..... 123
— verrucosus..... 124
concavus (Retitriletes)..... 140
concinus (Equisetosporites)..... 118
Coniopteris,
— tatungensis 109
contactus (Verrucosisporites) 129
Costaperforosporites..... 146
Costaspora..... 137
costatus (Senegalosporites) 153
crateris (Ischyosporites)..... 139, 141
Crassulina 110
crassiparietalis (Cardioangulina)..... 110
cretaceus (Cedripites)..... 176
cretaceus (Combaculatisporites) 138
Cupressacites* 156, 161, 253
— oxycedroides*. 156, 157, 161, 193
Cyathidites. 102, 110, 111
— minor. 104, 109, 211
Cycadopites. 182, 183, 184, 185
— carpentieri 183
— dikjstrae..... 184
Cycloverrutriletes..... 126

D

dampieri (Zonalapollenites).. 169, 171, 172, 713
Deltoïdospora. 102, 109, 110
— hallii 112
— junctum 109
Dennstaedtia,
— concava 130
Densoisporites..... 112
— microrugulatus 115
— perinatus. 114, 115
— velatus 113, 114, 115
densa (Dicksonia)..... 124
densus (Lophotriletes) 124
desquamatus (Laricoïdites) 1654
dettmannae (Applanopsis)..... 115
dettmannae (Tsugaepollenites)..... 114, 11
Dicksonia,
— densa 124
Dictyophyllidites 102
— harrisii 108
dikjstrae (Cycadopites) 184
discordatus (Levigatosporites) 151
Divisisporites,
— eukirchenoides..... 112
duadarensis (Ephedripites) 186
dubius (Inaperturopollenites).. 158, 159, 193
dubius (Pteruchus) 177
dunrohinensis (Cicatricosisporites)..... 142

E

Echinatisporis. 144, 145, 146
Elaterosporites. 192, 193, 201, 214
— castellaini..... 153
— klaszi 153
Ellipsovelatisporites
— grandis 180
elliptica (Podocarpidites)..... 176
elphinstonei (Spbaeripollenites) 159
Emphanisporites..... 137
Enzonalasporites..... 174, 196, 197, 212
— tenuis..... 174
— vigens..... 174
eoverrucosus (Verreticulisporis)..... 121, 128

Source : MNHN, Paris

Ephedra. 185
— alata 187
— notensis 186
— trifurcata 187
Ephedripites..... 185, 186, 187, 198, 205
— duadarensis..... 186
equiexinus (Matonisporites)..... 106, 108, 211
Equisetosporites 185
— albertensis..... 188
— concinus. 188
ericius (Pilosisporites)..... 144, 145
Eucommiidites 185
eukirschenoides (Divisisporites) 112
Exesipollenites 160

F

fischeri (Saturnisporites) 180
fragilis (Tenuisporites) 116

G

Gonyaulax
— jurassica. 202
giganteus (Inaperturopollenites). 163, 200
giganteus (Verreticulisporis)..... 121
Ginkgorectectina..... 184
Gleicheniidites..... 103, 106, 107, 211
globosus (Apiculatisporites)..... 144
Gnetacaepollenites. 147, 185, 189
— clathratus..... 188
— multistriatus..... 185
— scottii 185
grandis (Ellipsovelatisporites)..... 180
granifer (Granulatasporites) 139
Granulatasporites,
— granifer..... 139
granulatus (Perotriletes) 114
granulatus (Todisporites)..... 120
guyanensis (Araucariacites)..... 166

H

hallii (Deltoidospora)..... 112
barrisii (Dictyophyllidites) 108
biatus (Inaperturopollenites)..... 159
hungaricus (Araucariacites)..... 161
hungaricus (Araucariapollenites) 161, 200
hyaloides (Perotrilites)..... 114
Hymenozonotriletes. 135
— mesozoicus. 135

I

Inaperturopollenites.. 154, 158, 163, 165, 166, 168, 169
— atlanticus. 166
— dubius..... 158, 159, 193
— giganteus. 163, 200
— hiatus 159
— limbatus..... 166, 170, 193, 198
— turbatus. 169
— undulatus..... 170, 171, 172
interpositus (Sulcatisporites). 179
Ischyosporites.... 139, 142, 143, 193, 198, 212
— crateris. 139, 141
— scaberis. 139, 142

J

jardinei (Classopollis).. 190, 193, 198, 201, 214
junctum (Deltoidospora)..... 109
jurassicus (Apiculatisporis)..... 144
jurassica (Gonyaulax)..... 202

K

kieseri (Classopollis). 190, 196, 197, 201
klaszi (Elaterosporites)..... 153
klausipollenites
— staplinii. 179
Klukisporites. 139, 212
— pseudoreticulatus..... 141
— variegatus 143
Knoxisporites 142
kopukuensis (Trilites)..... 124
Kraeuselisporites. 135, 136
kraeuseli (Taeniaesporites)..... 180

L

laevigatus (Auriculiidites)..... 189
laffitei* (Araucariapollenites)..... 157, 166
Laricoïdites..... 154
— desquamatus 165
— magnus. 163
Leioaletes..... 154, 162
leiodorogensis (Leiotriletes)..... 105
Leiotriletes. 101, 211
— leiodorogensis 105
— mesozoicus. 106
— microadriennis..... 103
— paramaximus..... 105
Leptolepidites..... 118, 119
— rotundus..... 126

Source : MNHN, Paris

— verrucatus..... 123
Levigatisporites,
— neddeni. 109, 110
Levigatosporites,
— discordatus 151
levispeciosus (Cingulatisporites) 117
liasicus* (Araucariapollenites). 160, 193
Liliacidites
— textus. 184
limbatus (Inaperturopollenites).. 166, 170, 193, 198
Lophotriletes
— densus..... 124
lucidus (Zonalapollenites) 172
lunzensis (Ovalipollis)..... 178, 196
Lycopodiacidites. 130
— baculatus 130
Lycopodiumsporites. 139
— agatboecus. 139
— pseudophyllantus 140, 141
Lygodiidites..... 113
— balmei. 115, 211
Lygodioiporites. 123
— perverrucatus. 119, 129
— verrucosus..... 125
Lygodium
— articulatum..... 129
Lygodiumsporites..... 118, 119, 128, 211

M

Maculatisporites..... 121
— microverrucatus. 121, 123
magniolobatus (Welwitschiapites) 187
magnus (Cicatricosisporites) 149
magnus (Laricoïdites). 163
major (Todisporites). 103
major (Tuberositriletes). 126
Matonisporites. 101, 105, 106, 211
— equiexinus..... 106, 108, 211
— phlebopteroides. 111, 211
mesozoica (Calamospora)..... 107, 108, 211
mesozoicus (Hymenozonotriletes) 135
mesozoicus (Leiotriletes) 106
mesozoicus (Tsugaepollenites)..... 169, 253
meyeriana (Corollina)..... 196
microadriennis (Leiotriletes)..... 103
microrugulatus (Densoisporites)..... 115
microverrucatus (Maculatisporites) 121, 123
minimus (Bennettitaepollenites). 184
minor (Cyathidites)..... 104, 109, 211
minor (Sulcatisporites). 179
minor (Todisporites)..... 103, 104, 211
minuistriata (Pelleteria)..... 149
mohri (Unatexisporites)..... 178
Monosulcites 183
montis-brassicae (Concavisporites)..... 109
montuosus (Tuberosisporites) 128
morleyi (Trilites)..... 121
multistriatus (Gnetacaepollenites)..... 185
mutabilis (Varirugosisporites)..... 128

N

neddeni (Levigatisporites)..... 109, 110
Neoraistrickia..... 127
— neozelandica 128
neozelandica (Neoraistrickia) 128
noelae (Classopollis) 190
notensis (Ephedra)..... 186
novae-zelandiae (Pillularia)..... 134

O

obscurilaesuratus (Rotverrusporites)..... 118
ohaiensis (Trilites). 126, 130
oncodes (Caytonanthus)..... 176, 177
orbiculatus (Cicatricosisporites) 148
Osmundacidites. 144, 211
— wellmannii..... 137, 144
Ovalipollis 193, 196, 197
— breviformis 178, 196, 197
— lunzensis..... 178
oxycedroïdes* (Cupressacites).. 156, 157, 161, 193

P

papillatus (Pteruchus) 177
papuana (Schizea)..... 152
Paraconcavisporites 107
paramaximus (Leiotriletes) 105
paravallatus (Trilites)..... 129
Parcisporites..... 179
Pelleteria,
— minuistriata..... 149
perinatus (Densoisporites)..... 114, 115
perinatus (Perotrilites). 115
perinopustulosus (Perotrilites).. 113, 114, 193, 214
Peromonolites 151
Perotrilites..... 112
— granulatus..... 114
— hyaloides 114
— perinatus 115
— perinopustulosus.. 113, 114, 193, 201, 214
— pseudoreticulatus 114, 134
perverrucatus (Lygodioisporites) 119, 129
Perverrucatus (Varirugosisporites)..... 119
Pflugipollenites. 169
phlebopteroides (Matonisporites) 111, 211

Source : MNHN, Paris

pileolus (Baculatisporites)..... 146
Pillularia,
— novae-zelandiae..... 134
Pilosisporites..... 143
— ericius..... 144, 145
— trichopapillosus..... 145
Platysaccus..... 180
— umbrosus..... 178
Plicifera..... 103, 104, 211
Podocarpidites
— antartica..... 176
— elliptica..... 176
Polypodiisporites..... 151, 152
potoniaei (Biretisporites)..... 105
potoniei (Concavissimisporites)..... 122
pseudaurifera (Aneimia)..... 148
pseudoaustralis (Araucariapollenites)..... 163
pseudophyllantus (Lycopodiumsporites). 140, 141
pseudoreticulatus (Klukisporites)..... 141
pseudoreticulatus (Perotrilites)..... 114, 134
pseudorogensis (Schizaesporites)..... 146
psilatus (Sphaeripollenites)..... 159
Pteruchus..... 212
— africanus..... 177, 178, 179, 180
— dubius..... 177
— papillatus..... 177
punctata (Schizea)..... 151, 212
punctatus (Concavisporites)..... 128
punctatus (Concavissimisporites)..... 102, 128
Pustechinosporis..... 144, 146

Q

quezeli (Classopollis)..... 190, 196
quintus (Rugulatisporites)..... 127

R

recticicatricosus (Cicatricosisporites)..... 148
reissingeri (Styxisporites)..... 196
remyanus (Verrucosisporites)..... 125, 129
Reticulatisporis..... 141, 198
Reticulatisporites..... 139
— castellatus..... 140
Reticulisporites..... 139, 141
Retitriletes..... 139, 140
— concavus..... 140
rigidus (Araucariapollenites)..... 168
rostratus (Sporopollenites)..... 130
rotundis(Verrucosisporites)..... 126
rotundus (Leptolepidites)..... 126
Rotverrusporites..... 187
— obscurilaesuratus..... 118
— tenuis..... 122
rudis (Granuloperculatipollis)..... 196
Rugulatisporites,
— quintus..... 127

S

sahariensis* (Taxacites)..... 156, 160
Saturnisporites
— fischeri..... 180
scaberis (Iscbyosporites)..... 139, 142
scabratus (Sphaeripollenites)..... 158, 159
Schizaesporites..... 146, 147
— pseudorogensis..... 146
Schizea..... 185
— papuana..... 152
— punctata..... 151, 212
Scopulisporites
— toralis..... 177
scotii (Gnetacaepollenites)..... 185
secatus (Camerosporites)..... 152
segmentatus (Zonalapollenites)..... 169
Senegalosporites..... 193, 201, 214
— costatus..... 153
setasessitante (Mychrystidium)..... 198
Sphaeripollenites..... 158, 160
— balmei..... 159, 160
— elphinstonei..... 159
— hiatus..... 160
— psilatus..... 159
— scabratus..... 158, 159, 160
Sphagnumsporites..... 102, 108
spiniger (Apiculatisporites)..... 146, 198
Sporopollenites,
— rostratus..... 130
staplinii (Klausipollenites)..... 179
Stezonotriletes,
— aptiensis..... 107
Sulcatisporites
— interpositus..... 179
— minor..... 179

T

Taeniaesporites
— kraeuseli..... 180
tatungensis (Coniopteris)..... 109
Taxacites*..... 156, 253
— sahariensis..... 156, 160
tenuis (Enzonalasporites)..... 174
tenuis (Rotverrusporites)..... 122
Tenuisporites..... 116
— fragilis..... 116
textus (Liliacidites)..... 184
Thomsonisporites..... 113, 116
— toralis..... 116
Todisporites..... 101, 120, 211

Source : MNHN, Paris

— granulatus ... 120
— major ... 103
— minor ... 103, 104
toralis (Scopulisporites) ... 177
toralis (Thomsonisporites) ... 116
Toroïsporites ... 103
Torreya ... 156
triangularis (Zonalapollenites) ... 171
tricbopapillosus (Pilosisporites) ... 145
Tricolpites ... 193, 214
— albiensis ... 185
trifurcata (Ephedra) ... 187
Trilites ... 119, 122, 136, 137
— annulata ... 118
— asolidus ... 129
— comaumensis ... 138
— kopukuensis ... 124
— morleyi ... 121
— obaiensis ... 126, 130
— paravallatus ... 129
— tuberculiformis ... 124
— verrucatus ... 123, 126
trilobatus (Zonalapollenites) ... 99, 169, 170, 171, 172, 173
Trilobosporites ... 119, 198, 253
— apiverrucatus ... 120, 125
— bernissartensis ... 120, 131
— canadensis ... 125
— trioreticulosus ... 120
Trilobozonosporites ... 125
trioreticulosus (Trilobosporites) ... 120
tripartita (Aneimia) ... 147
Triquitrites ... 112
Tsugaepollenites ... 169, 170, 171
— dettmannae ... 114, 115
— mesozoicus ... 169, 253
tuberculatus (Ricciisporites) ... 196
tuberculiformis (Tuberositriletes) ... 124, 126
Tuberositriletes ... 119, 127
— major ... 126
— montuosus ... 128
— tuberculiformis ... 124, 126
turbatus (Inaperturopollenites) ... 169

U

umbrosus (Platysaccus) ... 178
Unatextisporites
— mohri ... 178
undulatus (Inaperturopollenites) ... 170, 171, 172

V

variegatus (Klukisporites) ... 143
Varirugosisporites ... 119
— mutabilis ... 128
— prevcrrucatus ... 119
variverrucatus (Concavissimisporites) ... 123
velatus (Densoisporites) ... 113, 114, 115
Veryachium ... 196
Verreticulisporis ... 118, 119
— coverrucosus ... 121, 128
— giganteus ... 121
Verrucatosporites ... 152
Verrucosisporites ... 118, 119, 120, 129, 130
— contactus ... 129
— quintus ... 127
— remyanus ... 125, 129
— rotundis ... 126
verrucosus (Concavissimisporites) ... 124
verrucosus (Lygodioisporites) ... 125
verrucatus (Leptolepidites) ... 123
verrucatus (Trilites) ... 123, 126
vigens (Enzonalasporites) ... 174

W

wellmannii (Osmundacidites) ... 137, 144
Welwitschiapites ... 185
— magniolobatus ... 187

Z

Zonalapollenites ... 155, 169, 170, 171, 172, 193, 197, 212
— dampieri ... 169, 170, 171, 172, 173
— lucidus ... 172, 173
— segmentatus ... 169, 170, 172, 173
— triangularis ... 171
— trilobatus ... 99, 169, 170, 171, 172, 173
Zonalasporites ... 174

Source : MNHN, Paris

INDEX DES SONDAGES

Sigle	Nom	Société	longitude E.	latitude N.	altitude (m.)
Aa. 1	Allenda	CPA	6°05′41″	29°42′41″	255
Ab. 1	Oued Mehaiguene	CFPA	2°43′49″	32°49′57″	738,5
Ar. 7	El Agreb 7	SNPA	5°28′06″	30°46′09″	194,5
Ar. 101	El Agreb 101	SNPA	6°04′51″	30°25′55″	196
At. 1	Garet el Atsel	SEREPT	9g30′08″	36g16′14″	155
Db. 1	Dehibat	SEREPT	10°46′31″	32°01′47″	255
DEA. 1	Demrhat el Acha	SNPA	2°17′57″	31°10′39″	494
DF. 1	Daïet el Frass	CPA	4°22′08″	28°57′12″	396
GT. 3	Gassi Touil 3	COPEFA	6°31′48″	30°19′50″	213
GT. 4	Gassi Touil 4	COPEFA	8°31′28″	30°24′54″	207
Li. 3	Talemzane 3	CFPA	4°20′19″	33°31′34″	593,5
Mf. 101	El Marfag	CEP	6°35′23″	30°00′57″	233
Mg. 1	Mechiguig	SEREPT	8g68′00″	34g72′40″	365
Mr. 1	Makrerouga	SEREPT	8g73′40″	35g48′70″	407
Nm. 1	Kasbah Bou Nemcha	SEREPT	9g24′90″	36g52′60″	171
Oa. 1	Oulougga	AFROPEC	5°34′43″	32°17′26″	136
On. 1	Oued Mya	CFPA	6°25′36″	31°46′07″	140
Ot. 105	Oued Ohanet	CEP	8°56′31″	28°40′27″	580
Pg. 1	(permis Djamaa Ouest)	CFPA	5°07′24″	33°19′11″	230
Qd. 1	El Golea Est	CFPA	4°44′15″	35°54′39″	189
Sb. 1	Garet Ben Sabeur	SEREPT	8g21′87″	34g91′16″	282
Sn. 1	Djebel Sanrhar	SEREPT	8g39′80″	35g47′00″	356
St. 1	Settar	CPA	4g34′24″	29g54′49″	261
Ta. 1	Tamerna	Hydraul.	4g04′03″	37g13′72″	60
Te. 1	Garaa Tebourt	SEREPT	8g55′14″	34g02′57″	353
Tg. 1	Hassi Touareg	COPEFA	6°22′00″	30°32′15″	202
ZB. 1	Zemlet el Bazima	COPEFA	7°32′00″	32°57′00″	80

Source : MNHN, Paris

LISTE DES TRAVAUX CONSULTÉS

Alpern, B. (1957). — Contribution aux méthodes et à la systématique palynologiques et pétrographiques des charbons. Application au problème de la corrélation des couches. *Thèse, Université de Paris*, n° 4290,

— (1960). — Quelques problèmes actuels de la palynologie houillère, *4e Congr. Avanc. Et. Strat. Géol. Carb., Nederl.*, 1, pp. 13-24.

Archangelsky, S., Gamero, J. C. (1967). — Spore and pollen type of the lower Cretaceous in Patagonia (Argentina). *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, Vol. 1, pp. 211-217.

Axelrod, D. (1961). — How old are the Angiosperms ? *Am. J. Sc.*, vol. 259, pp. 447-459.

Balme, B. E. (1957). — Spores and pollen grains from the Mesozoic of Western Australia. *Comm. Sc. Ind. Res. Org., Fuel Res.*, pp. 1-48.

Barnard, P. D. W. (1968). — A new species of *Masculostrobus* Seward producing *Classopollis* pollen from the Jurassic of Iran. *J. Linn. Soc. (Bot.)*, 61, 384, pp. 167-176.

Batton, G. (1965). — Contribution à l'étude Anatomique et Biostratigraphique de la Flore du Continental Intercalaire saharien. *Centre de Recherche sur les Zones Arides (C.N.R.S.)*, sér. Géol., n° 6, pp. 7-96.

Bharadwaj, D. C. (1967). — A scientific basis for the circumscription of species and genera in sporae dispersae. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, vol. 3, pp. 333-346.

Biard, H. (1963). — Contribution à l'étude palynoplanctologique du Permo-Trias en France et Afrique du Nord. *Thèse 3e cycle, Université de Dijon (France)*.

Biens, P., Magloire, L. (1967). — Étude palynologique du Mésozoïque d'Algérie. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, vol. 1, pp. 61-68.

Birkenmayer, K., Turnau, E. (1962). — Carboniferous microspores as secondary deposit in the Aalenian flysch to the Pieniny Klippen Belt (Carpathians). *Bull. Acad. Pol. Sci., ser. Sci. Geol. Geogr.*, 10 (2) : 99-103.

Combaz, A. (1964). — Les Palynofaciès. *Rev. de Micropal.*, vol. 7, 3, pp. 205-218.

— (1968). — Une méthode générale de classification : la taxinomie numérique. *Rev. I.F.P.*, vol. XXIII, n° 2, pp. 174-200.

Cookson, I., Dettmann, M. (1957). — Some trilete spores from Upper Mesozoic in the Eastern Australian region. *Proc. Roy. Soc. Victoria*, vol. 70-2, pp. 95-128.

Correia, M. (1967). — Relations possibles entre l'état de conservation des éléments figurés de la matière organique (microfossiles palynoplanctologiques) et l'existence de gisements d'hydrocarbures. *Rev. I.F.P.*, vol. 22, pp. 1285-1306.

Correia, M. (1969). — Contribution à la recherche des zones favorables à la genèse du pétrole par l'observation microscopique de la matière organique figurée. *Rev. Inst. Fr. Pét.*, Vol. XXIV, n° 12, pp. 1417-1454.

Coulon, C., Reyre, Y. (1968). — Contribution à l'étude du volcanisme postérieur aux grès de Nubie, dans la partie centrale du Darfour (Soudan). *C. R. Acad. Sci.*, D, t. 266, pp. 1821-1824 (1 fig., 1 pl.).

Couper, R. A. (1953). — Upper Mesozoïc and Cainozoïc Spores and pollen grains from New Zealand. *N. Z. Geol. Surv.*, Pal. Bull. 22, pp. 3-77.

— (1958). — British Mesozoïc microspores and pollen grains. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 103, Lf. 4-6, pp. 75-179.

Source : MNHN, Paris

— (1960). — New Zealand Mesozoïc and Cainozoïc Plant microfossils. *N. Z. Geol. Surv.*, Pal. Bull. 32, pp. 1-88.

— (1964). — Spore-pollen correlation of the Cretaceous rocks of the Northern and Southern hemispheres. *Palynology in Oil Expl., Spec. Publ. Soc. Ec. Paleont. and Mineral.*, nr 11, pp. 131-142.

Cousminer, H. L. (1961). — Palynology, paleofloras and paleoenvironment. *Micropaleontology, vol.* 7-3, pp. 365-368.

Danzé, J., Laveine, J. P. (1963). — Étude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger dans un sondage à Boulogne-sur-Mer. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. 83, vol. 1, pp. 79-90.

Davey, R. J., Downie, P., Sarjeant, W. A. S., Williams, C. L. (1966). — Studies on mesozoïc and cainozoïc Dinoflagellate cysts. *Bull. Brit. Nat. Mus. (Nat. Hist.) Geology*, sup. 3, 248 p.

Deak, M. (1963). — Quelques spores striées de l'étage Aptien. *Rev. de Micropal.*, 5, n°. 4, pp. 251-256.

— (1964). — Contribution à l'étude palynologique du groupe d'argiles à Munieria de l'étage Aptien. *Acta Bot. Acad. Sci. hungar.*, vol. 10, fasc. 1, pp. 95-126.

Delany, F. M. (1952). — Recent contributions to the Geology of the Anglo-Egyptian Sudan. *C. R. Int. Geol. Congr.*, A.S.G.A., fasc. XX, P. I, pp. 11-18.

Delcourt, A., Dettmann, M., Hughes, N. (1963). — Revision of some lower cretaceous microspores from Belgium. *Palaeontology*, vol. 6-2, pp. 282-292.

Delcourt A., Sprumont G. (1955). — Les spores et grains de pollen du Wealdien du Hainaut. *Mém. Soc. Belg. de Geol.*, nouv. sér. in-4°, n° 5, pp. 5-73.

Dettmann, M. (1963). — Upper mesozoïc microfloras from South-Eastern Australia. *Proc. Roy. Soc. Victoria*, vol. 77-1, pp. 1-148.

Döring, H. (1964a). — Trilete sporen aus dem Oberen Jura und dem Wealden Norddeutschlands. *Geol. Dtsch.*, Jg. 13, vol. 9, pp. 1099-1129.

— (1964b). — Neue Sporen gattungen und arten aus dem Jura/Kreide Grenzbereich Norddeutschlands. *Monatsber. dtsch. Akad. Wiss. Berlin*, 6, vol. 1, pp. 37-45.

— (1965). — Die sporen paläontologische Gliederung des Wealden in Westmecklenburg. *Geol. Beih. Dtsch.*, Jg. 14, Beih. 47, pp. 1-117.

— (1966). — Sporenstratigrapbischer Vergleich zwischen dem Wealden Norddeutschlands und Südenglands. *Geol. Beih. Dtsch.*, Bhft. 55, pp. 102-129.

Döring, H., Krutzsch, W., Mai, D., Schulz, E. (1966). — Erläuterungen zu den sporenstratigraphischen Tabellen vom Zechstein bis zum Oligozän. *Abh. Z. G. I.*, H. 8, 149 p.

Drugg, W. S. (1967). — Palynology of the upper Moreno Formation (late Cretaceous-Paleocene), Escarpado Canyon, California. *Palaeontographica*, Abt. B., Bd. 120, Lf. 1-14, pp. 1-71.

Dupin, F. (1965). — Contribution à l'étude palynologique du Jurassique en Aquitaine occidentale. *Thèse 3e cycle, Université de Bordeaux (France)*, p. 188 et note : Extr. *Actes Soc. Linn. Bordeaux*, t. 102, n° 3, B ; pp. 1-20.

Dyakowska, J. (1948). — The pollen rain on the sea and on the coasts of Greenland. *Bull. Acad. Sci. Lettres, Sér. B Nat. Sci.*, 1 : 25-33.

Erdtman, G. (1957). — Pollen and spore morphology/Plant taxonomy. Almquist & Wiksells, Stockholm.

Eisenack, A. (1964). — Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphänen und verwandten Mikrofossilien. Stuttgart.

Faegri, K & Iversen (1964). — Textbook of Pollen analysis. *2 ed. Muksgaard. Copenhagen (Denmark).*

Góczán, F. (1964). — Stratigraphic palynology of the hungarian Upper Cretaceous. *Acta Geologica*, t. VIII, fasc. 1-4, pp. 229-264.

Groot, J. (1966). — Some observations on pollen grains in suspension in the estuary of the Delaware River. *Marine Geol.*, vol. 4, n° 6, pp. 409-416.

Groot, J., Groot, C. (1962). — Plant microfossils from Aptian, Albian and Cenomian deposits of Portugal. *Comm. Serv. Geol. Portugal*, vol. 4-6, pp. 133-176.

Groot, J., Penny, J., Groot, C. (1961). — Plant microfossils and age of the raritan Tuscalvosa and Magothy formations of the Eastern United States. *Palaeontographica*, Abt. B., Bd. 108, Lf. 3-6, pp. 121-140.

Source : MNHN, Paris

Goubin, N. (1965). — Description et répartition des principaux Pollenites permiens, triasiques et jurassiques des sondages du bassin de Morondava (Madagascar). *Rev. I.F.P.*, 20, vol. 10, pp. 1415-1461.

Goubin, N., Taugourdeau, J., Balme, B. E. (1965). — Considérations taxinomiques sur deux espèces de pollen du Mésozoïque. *Rev. de Micropal.*, vol. 7, fasc. 4, pp. 225-227.

Heybroek, P. (1963). — Note on the structural development of the El Biod high am Amguid spur (Central Algerian Sahara). *Rev. I.F.P.*, Vol. XVIII, n° 10, pp. 1363-1376.

Hughes, N. F., Moody-Stuart, J. C. (1967). — Proposed methods of recording pre-Quaternary palynological data. *Rev. Paleobot. Palyn.*, Vol. 3, pp. 347-358.

Hughes, N. F., Moody-Stuart, J. C. (1967). — Palynological facies and correlation in the English Wealden. *Rev. Paleobot. Palyn.*, Vol. 1, pp. 259-268.

Hughes, N. F., Jekhowsky (de), B., Smith, A. H. (1964). — Extraction of spores and other organic microlossils from paleozoic clastic sediments and coals. *5e Congr. int. strat. et géol. Carbonifère*, pp. 1095-1109.

Jaeger, P. (1959). — La vie étrange des fleurs, 190 p. Éd. Horizons de France, Paris.

Jansonius, J. (1962). — Palynology ol Permian and Triasic sediments, Peace River area, Western Canada. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 110, Ll. 1-4, pp. 35-98.

Jardiné, S. (1967). — Spores à expansia, en forme d'élatères du Crétacé moyen d'Afrique occidentale. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, vol. 1, pp. 235-258.

Jardiné, S., Magloire, L. (1965). — Palynologie et stratigraphie du Crétacé des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. *Mém. B.R.G.M.*, 32, pp. 187-245 (Coll. Int. de Micropaléont., Dakar 1963).

Jekhowsky (de), B. (1958). — Méthodes d'utilisation stratigraphique des microlossiles organiques dans les problèmes pétroliers. *Rev. I.F.P.*, vol. XIII, n° 10, pp. 1391-1418.

— (1959). — Une technique standard de préparation des roches pour l'étude des microfossiles organiques. *Rev. I.F.P.*, vol. XIV, n° 3, pp. 315-320.

— (1963a). — La méthode des distances minimales, nouveau procédé quantitatil de corrélation stratigraphique ; exemple d'application en palynologie. *Rev. I.F.P.*, vol. XVIII, n° 5, pp. 629-653.

— (1963b). — Sur les diverses notions de « Fréquence » intéressant l'étude des populations fossiles, spécialement en palynologie. *Rev. I.F.P.*, vol. XVIII, n° 6, pp. 868-885.

— (1963c). — Variations latérales en palynologie quantitative et passage du continental au marin ; le Dogger supérieur du Sud-Ouest de Madagascar. *Rev. I.F.P.*, vol. XVIII, 7-8, pp. 977-995.

— (1968). — Quelques utilisations des ordinateurs en géologie, et spécialement en géologie de laboratoire. *Bull. B.R.G.M.*, IV, n° 3, 8 p.

Jekhowsky (de), B., Montagutelli, J., Comhaz, A. (1964). — Ordinateurs en Palynologie. *Rev. I.F.P.*, vol. XIX, n° 4, pp. 473-481.

Kedves, M. (1961). — Études palynologiques dans le bassin du Dorog-II. *Poll. et Sp.*, vol. III, lasc. 1, pp. 101-153.

Kemp, E. (1968). — Probable Angiosperm pollen from the British Barremian to Albian strata. *Palaeontology*, vol. II, 3, pp. 421-434.

Kieser, G. (1967). — Quelques aspects particuliers de la palynologie du Crétacé supérieur du Sénégal. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, vol. 5, pp. 199-210.

Kilian, C. (1931). — Des principaux complexes continentaux du Sahara. *C. R. Soc. Géol. Fr.*, n° 9, pp. 109-110.

Klaus, W. (1960). — Sporen der karnischen stule der Ostalpinen Trias. *Geol. B. A.*, Sonder bd. 5, pp. 107-183.

Krutzsch, W. (1959). — Mikropaläontologische (sporen paläontologische) Untersuchungen in der Braunkohle des Geiseltales. *Geologie Jg.*, 8, Beih. 21-22, pp. 1-425.

Landes, K. K. (1966). — Eometamorphism can determine oil floor. *Oil Gas Jour.*, vol. 64, n° 18, pp. 172-174.

Lantz, J. (1958). — Étude palynologique de quelques échantillons mésozoïques du Dorset (Grande-Bretagne). *Rev. I.F.P.*, vol. XIII-6, pp. 917-942.

Lapparent, A.-F. (1952). — État actuel de nos connaissances sur la stratigraphie, la paléontologie et la tectonique des « Grès de Nubie ». *C. R. XIXe Congr. géol. int. Alger*, lasc. 21, pp. 113-127.

Source : MNHN, Paris

— (1960). — Les Dinosauriens du « Continental intercalaire » du Sahara central. *Mém. Soc. géol. Fr.*, t. 246.

Leschik, G. (1955). — Die Keuperflora von Neuewelt bei Basel. Die Iso- und Mikrosporen. *Mém. suisses Paléont.*, vol. 72, pp. 5-70.

Levet-Carette, J. (1963). — Étude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. géol. Nord*, vol. 83-2, pp. 101-128.

McKee, E. D. (1962). — Origin of the Nubian and similar Sandstones. *Sonderd. Geolog. Rund.*, Bd. 52, pp. 551-587.

Maljavkina, V. S. (1965). — Spores et Pollen du Crétacé inférieur de la dépression du Gobi oriental. Trad. partielle Inst. Fr. Pétr., réf. 11.992, 133 p.

Millioud, M. (1967). — Palynological study of the type localities of Valangin and Hauterive. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, t. 5, pp. 155-167.

Muir, M. D. (1967). — Reworking in Jurassic and Cretaceous spore assemblage. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, t. 5, pp. 145-154.

Muller, J. (1959). — Palynology of the recent Orinoco delta and shelf sediments. *Micropaleontology*, 5, pp. 1-32.

Nilsson, T. (1958). — Über das Vorkommen eines Mesozoischen Sapropelgesteins in Schonen. *Lunde Univ. Arsskrift. N. F.*, Avd. 2, Bd. 54-10, pp. 3-111.

Noël, D. (1968). — Nature et genèse des alternances de marnes et de calcaires du Barrêmien supérieur d'Angles (Fosse vocontienne, Basses-Alpes). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 266, pp. 1223-1225.

Norris, G. (1967). — Spores and pollen from the Lower Colorado Group (Albian—? Cénomanian) of Central Alberta. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 120, Lf. 1-4, pp. 72-115.

Pant, D. (1954). — Suggestions for the classification and nomenclature of fossil spores and pollen grains. *The Bot. Rev.*, vol. 20-1, pp. 33-60.

Playford, G., Dettmann, M. (1965). — Rheato-Liassic plant microfossils from the Leigh Creek Coal Measures, South Australia. *Senck. lethaea*, vol. 46, 2-3, pp. 127-281.

Pflug, H. (1953). — Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden Pollens in der Erdgeschichte. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 95, Lf. 4-6, pp. 60-171.

Pocock, S. A. J. (1962). — Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the Western Canada plains. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 111, Lf. 1-3, pp. 1-95.

Pocock, S. A. J. (1964). — Pollen and spores of the Chlamidospermidae and Schizaeceae from Upper Mannville strata of the Saskatoon area of Saskatchewan. *Grana Palynol.*, vol. 5-2, pp. 129-209.

— (1967). — The Jurassic cretaceous boundary in the northern Canada. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, t. 5, pp. 129-136.

— (1968). — *Zonalapollenites* Pflug 1953 and related Genera. *Taxon*, 17 (6) : pp. 639-641.

Potonié, R. (1956). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae I. Sporites. *Beih. Geol. Jb.*, vol. 23, pp. 3-103.

— (1958). — Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae. II. Sporites (Nachträge), Saccites, Aletes, Praecolpates, Polyplicates, Monocolpates. *Beih. Geol. Jb.*, vol. 39, pp. 3-189.

— (1962). — Synopsis des Sporae in situ. Die sporen der fossilen Fruktifikationen (Thallophyta bis Gymnospermophyta) im natürlichen System und im Vergleich mit den Sporae dispersae. *Beih. Geol.*, Jb., 52, p. 204.

Potonié, R. et Gelletich, J. (1933). — Über Pteridophytensporen einer eocänen Braunkohle aus Dorog in Ungarn. *S. B. Ges. Naturf. Fr. Jg.*, 1932, pp. 517-528.

Potonié, R. et Kremp, G. (1955). — Die *Sporae dispersae* des Ruhrkarbons, ihre Morphographie und stratigraphie mit Ausbicken auf Arten anderer Gebiete und Zeitabschnitte I. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 98, Lf. 1-3, pp. 1-136.

Potonié, R., Thomson, P., Thiergart, F. (1950). — Zur Nomenklative und Klassification der neogenen Sporomorphae (Pollen und Sporen). *Geol. Jb.*, 65, pp. 35-70.

Pujol, C. (1969). — Étude palynologique des termes de passage du Jurassique au Crétacé en Aquitaine. *Thèse 3e cycle, Université de Bordeaux (France)*.

Quezel, P. — Flore et végétation des plateaux du Darb Nord-occidental et du Jebel Gangei. Dessin R.C.P. 45. Marseille, 1969.

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

Quezel, P., Martinez, C. (1958). — Étude palynologique de deux diatomites du Borkou (Territoire du Tchad, A.E.F.). *Bull. Soc. Hist. Nat. A.F.N.*, t. 49, pp. 230-244.

Quezel, P., Pons, A. (1958-59). — Le dernier interpluvial au Sahara central. Essai de chronologie palynologique et paléo-climatique. *Libyca*, t. Vf-VII, pp. 221-227.

Raatz, G. V. (1937). — Mikrobotanisch-stratigraphische Untersuchung der Braunkohle des Muskauer Bogens. *Abb. preuss. geol. L. A.N.F.*, 183, pp. 1-48.

Reyre, Y. (1964). — Première contribution à l'étude des spores et pollens du Secondaire saharien. *Rev. de Micropal.*, vol. 6, pp. 257-264.

— (1965). — Description de quelques spores et pollens de séries attribuées au Jurassique supérieur dans le Sahara tunisien. *Rev. de Micropal.*, vol. 7, n° 4, pp. 196-210.

— (1966). — Palynologie du Crétacé moyen du Sahara tunisien. *Rev. de Micropal.*, vol. 9, n° 1, pp. 3-18.

— (1967). — Intérêt paléobotanique et stratigraphique de l'étude palynologique des séries jurassiques et crétacées du Sahara. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, t. 5, pp. 137-143.

— (1968 a). — La sculpture de l'exine des pollens des Gymnospermes et des Chlamydospermes et son utilisation dans l'identification des pollens fossiles. *Poll. et Sp.*, vol. X, n° 2, pp. 197-220.

— (1968 b). — Importance de l'étude qualitative des grains de pollen de Gymnospermes dans le Trias supérieur et le Lias inférieur du Sahara algéro-tunisien. *Bull. B.R.G.M.*, 2e sér., IV, n° 2, pp. 87-99.

— (1970). — Scanning electron microscope observations on the pollen genus *Classopollis* Pflug. *Palaeontology*. vol. 13, part. 2, pp. 303-321.

Reyre, Y., Kieser, G., Pujol, C. (1970). — Intérêt stratigraphique de quelques espèces du genre *Classopollis* (Pflug) Reyre. *Rev. de Micropal.*, vol. 13, n°1, pp. 146-154.

Ross, N. E. (1949). — On a cretaceous pollen and spore bearing clay deposit of Scania (a preliminary report). *Bull. Geol. Soc. Inst. Univ. Uppsala*, vol. 34, pp. 25-42.

Rossignol, M. (1969). — Sédimentation palynologique dans le domaine marin quaternaire de Palestine : étude de paléo-environnement. *Notes Mém. Moyen-Orient-Fr.*, t. 10, 268 p.

Saan, S. f. (1963). — Pollen and spores recently discovered in the Coals of Sinaï region. 1. Euone Moussa District. *Palaeontographica*, Abt. B., Bd. 113, Lf. 5-6, pp. 117-125.

Saad, S. I., Sami, S. (1967). — Studies of pollen and spores content of Nile delta deposits (Berenbal Region). *Poll. et Sp.*, vol. IX, n° 3, pp. 467-503.

Schulz, E. (1965). — Sporae dispersae aus der Trias von Thüringen. *Abh. Z.G.I.*, H. 1, pp. 257-287.

— (1966). — Uber einige neue sporae dispersae aus dem älteren Mesophytikum Deutschlands. *Geol. Jb.*, Beih. 55, pp. 130-151.

— (1967). — Sporenpaläontologische Untersuchungen rätoliassischer Schichten im Zentrateil des Germanischen Beckens. *Paläontol. Abh.*, Abt. B. II, 3, pp. 427-633.

Sigal, J. (1965). — Palynofaciès : un néologisme illogique et superflu. *Rev.* de Micropol. 8 ,pp. 59-60.

Singh, C. (1964). — Microflora of the Lower Cretaceous Mannville Group, East-Central Alberta. *Bull. Res. Council Alberta*, 15, pp. 1-328.

Sittler, C. (1955). — Méthodes et techniques physico-chimiques de préparation des sédiments en vue de leur analyse pollinique. *Rev. I.F.P.*, vol. X, n° 2, pp. 103-114.

Staplin, F. L. (1969). — Sedimentary organic matter, organic metamorphism, and oil and gaz occurrence. *Bull. Canadian Petr. Geol.*, vol. 17, n° 1, pp. 47-66.

Staplin, F. L., Pocock, S. J., Jansonius, J. (1967). — Relation-ships among Gymnospermous pollen. *Rev. Palaebotan. Palynol.*, vol. 3, pp. 297-310.

Stover, E. (1964). — Cretaceous Ephedroid pollen from West Africa. *Micropaleontology*, vol. 10, n° 2, pp. 145-156.

Thomson, P., Pflug, H. (1953). — Pollen und Sporen des mitteleuropaïschen Tertiärs. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 94, Lf. 1-4, pp. 1-138.

Townrow, J. (1962). — On some disaccate pollen grains of Permian to Middle Jurassic age. *Grana Palynol.*, vol. 3-3, pp. 255-258.

Traverse, A., Ginsburg, R. N. (1966). — Palynology of the surface sediments of the Great Bahama Bank, as related to water movement and sedimentation. *Marine Geol.*, vol. 6, n° 4, pp. 417-459.

Source : MNHN, Paris

Turnau, E. (1962). — The age of coals fragments from the Cretaceous deposits in the Outer Carpathians, determined on microscopes. *Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci., Geol. Geograph.*, 10 (2), pp. 85-90.

Van der Hammen, T., Burger, D. (1966). — Pollen flora and age of the Takutu formation (Guyana). *Leidse. Geol. Meded.*, vol. 38, pp. 173-180.

Van Oyen, F. (1964). — La palynologie stratigraphique dans le cadre de la stratigraphie paléontologique. *Rev. I.F.P.*, t. X1X, fasc. 2, pp. 183-195.

Weyland, H., Greifeld, G. (1953). — Uber strukturbietende Blätter und pflanzliche Mikrofossilien aus den Untersenonen Tonen der Gegend von Quedlimburg. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 95, Lf. 1-3, pp. 30-52.

Weyland, H., Krieger, W. (1953). — Die Sporen und Pollen der Aachener Kreide und ihre Bedeutung für die Charakterisierung des Mittleren Senons. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd. 95, Lf. 1-3, pp. 6-29.

Wilson, L. R., Morrison, J., Reid, W. (1969). — Computer research in Palynology demonstrated by use of Oklahoma University General information processing system (GYPSY). Permian Palynology of Northb America and some associated problems. *Inf. Sc. Ser. Monograph.*, nb. 2, Univ. of Oklahoma, Norman.

Woodehouse, R. (1935). — Pollen grains. fst. ed. Mc. Graw-Hill Book. Cy, New York.

Zetsche, F., Kalin, O. (1931).— Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen. V, 4. Zur Autooxydation der Sporopollenine. *Helv. Chim. Acta*, XfV, pp. 517-519.

Source : MNHN, Paris

PALYNOLOGY OF THE SAHARIAN MESOZOÏC

COMPUTER PROCESSING DATA AND APPLICATION TO THE STRATIGRAPHY AND THE SEDIMENTOLOGY

GENERAL CHARACTERISTICS

This *s.l.* palynological study (spores and pollen, microplancton, sapropelic matter, organic detritics) concerns tbe Triasic to Turonian series of the algero-tunisian Sahara. It is a paleobotanical, stratigraphical and sedimentological research. In addition to the present thesis, a magnetic file of the 7 200 data obtained from 1 200 analysed samples (palynological populations, petrographical composition, lithological unities, diagenetic appearence) and a few computer programs (FORTRAN) are consultable or available at the Geological Laboratory of the National Museum in Paris.

CHAPTER I. — GEOLOGICAL SITUATION, STRATIGRAPHICAL BASIS, PALYNOLOGICAL PROBLEMS

The 26 analysed wells are situated in 6 geological provinces (Fig. I. 1). In each of them 13 synchronous stratigraphical data are recognizable by the different mechanical-logs (sonic-logs, resistivity-logs, radioactivity-neutron ; see Tab. I. 1, 2, 3). In the tunisian Far-South these data are paleofaunistically dated enough to consider this province as a stratigraphical reference : Triasic Sandstone, Triasic-Infraliasic Salt, Sinemurian, Liasic-lower Dogger, Bathonian 1, Bathonian 2, Callovo-Oxfordo-Kimmeridgian, Upper Jurassic-Neocomian, Barremian, Aptian, Albian, Cenomanian, Turonian. The principle of the stratigraphical coding with a view of a computer processing is explained. This coding is used as soon as the formations are described. In addition stratigraphical and paleogeographical problems are set for each formation : what was the sedimentation environment (marine, brackish-water, fresh-water, continental deposits) ?

CHAPTER II. — PALYNOLOGICAL SEDIMENTATION : ORIGIN, PROCESSES, GEOLOGICAL INTERPRETATION

The present observations (Nile delta, shore of Israel, Delaware river estuary, Bahamas islands, North Atlantic Ocean) show that the air-plankton forms on continent and sea-bottoms a general but small deposit ; on the contrary the palynological water deposit (rivers, marine currents) is localized but important and gives a better and more entire idea of the vegetal diversity of the hinterland.

The analysis of the Nubian sandstone (African Mesozoïc) and of present detritic sediments (Darfur, Sudan) shows that, during the « sub-aerial » sedimentation, the dry-tropical climate causes a destruction of pollens and a carbonization of the vegetal cuticles and fragments. On the contrary,

Source : MNHN, Paris

in the english deltaic Wealden, spores and pollens became well fossilized and they are found dispersed according to the same laws as mineral particles. In the same way the sediments of brackish environment (Pliocene of Israel give numerous Dinoflagellates and rare chitinous microforaminifera ; inversely in a marine environment (Bahamas), the great wealth of these microforaminifera is not related to the distance from the shores.

In conclusion each environment is statistically characterized by a peculiar composition of its palynological contents (Fig. II. 1).

CHAPTER III. — EXTRACTION OF THE PALYNOLOGICAL CONTENTS. OBSERVATION, MEASURES AND RECORDING OF DATA

In a sedimento-palynological study the extracting method must be standardized in order that the original composition of the organic components of the rocks should not be distorted. The quantities of different materials and the percentages of the real abundance of the different components are evaluated or measured by methods which are explained. It is also explained how all the data can be recorded in magnetic files (Fig. III. 1, 2, 3, 4) the disposition of which is logically " encased ".

CHAPTER IV. — THE SPORES AND POLLENS OF THE SAHARIAN MESOZOÏC. SYSTEMATIC STUDIES AND STRATIGRAPHICAL RANGES

After a discussion on the problems of classification and the methods of recording the palynological species, the most part of the species are described when they are observed with both the light microscope and the scanning electron microscope. This latter is necessary for the study of the inaperturate pollens of Mesozoïc. So three new genera are defined : *Taxacites*, *Cupressacites* and *Araucaria pollenites*. The described species are codified and numbered (Fig. III. 4). A table of quantitative stratigraphical range of the more important groups is given (Tab. IV. 1 to 7).

CHAPTER V. — THE STRATIGRAPHICAL, PALEOBOTANICAL AND PALEOGEOGRAPHICAL RESULTS

Eleven qualitative associations of frequent species (more than 5 %) are recognizable everywhere in the Sahara (Tab. V. 1). By comparison with european and West African palynological scales, these associations indicate a valuable chronostratigraphy of the series. In particular they make the Triasic Sandstone transgression datable between lower middle Triasic and lower Upper Triasic ; they permit also to situate the Triasic-Jurassic boundary and the Jurassic-Cretaceous boundary in the series. In addition the computer processing can localise the stages in the wells by statistical considerations on the populations (Tab. V. 3, 4).

The scientific value of the floristic reconstitution by the interpretation of palynological populations is discussed ; then the evolution of the Saharian mesozoïc vegetation is evoked (Fig. V. 2) : the occurence of *Disaccites* is very rare after the Infra-Liasic time ; the African vegetation became differenciated from the vegetation of other countries after the Barremian time.

Following a methodic research on the way of reconstituting the environment of deposits by palynological data, four environment types are distinguished on the saharian mesozoïc platform : continuous marine, lagoon-brackish, lagoon-continental or fresh water, " sub-aerial " continental environments ; in addition, each environment type can have a deltaic character. So paleogeography has been reconstituted at different periods (Fig. V. 9 to 12).

Source : MNHN, Paris

CHAPTER VI. — THE MECHANISMS OF THE PALYNOLOGICAL SEDIMENTATION

Computer processing data gave statistical correlations between the quantities of different palynological elements and the percentages of the petrographical components of the samples. So, many hypotheses are expressed on the mechanism of palynological sedimentation (Fig. VI. 3 to 27). A theoretical scheme of the statistical distribution of the pollenospores and of the sapropelic matter is given in the case of a peri-continental sedimentary platform (Fig. VI. 28).

CONCLUSIONS

The value of tbe methods used and that of the results are debated.

Source : MNHN, Paris

PALYNOLOGIE DES SAHARA MESOZOIKUMS

FESTSTELLUNG MIT DEM COMPUTER DER STRATIGRAPHISCHEN UND SEDIMENTOLOGISCHEN ERGEBNISSE

ALLGEMEINES

Folgende *s.l.* palynologische Arbeit (Sporen, Pollen, Phytoplankton, gestaltloses Kerogen, organische Brocken verschiedener Art) hat zum Gegenstand die Schichten der algerisch-tunisischen Sahara von Trias bis Turoniän. Sie besteht in einer paleobotanischen, stratigraphischen, sedimentologischen Untersuchung. Ausser dieser Abhandlung gibt es eine Sammlung von Tonbändern, die 7 200 palynologische Inlormationen über die 1 200 studierten Felsenmuster enthalten (Zusammensetzung der palynologischen Bevölkerung, petrographische, lithologische und palyno-sedimentologische Merkmale) und eine Reihe von Programmen FORTRAN (Control Data 3 600 oder IBM). Letztere stehen im Geologischen Institut des Nationales Museum Paris zur Verfügung und können für weitere regionale Studien benutzt werden.

KAPITEL I. — GEOLOGISCHER RAHMEN, STRATIGRAPHISCHE BEGRUNDUNG, PALYNOLOGISCHE PROBLEME

Die 26 betreffenden Sondierungen verteilen sich über sechs geologische Gebiete (Abb. 1. 1) mit je 13 synchronen stratigraphischen Zwischenzeiten, die durch Korrelation der verschiedenen Diagraphien (elektrischen, Schallgeschwindigkeit, γ ; Tab. 1. 1 *bis* 3 *in* G. Busson 1970) abgesteckt werden können. Diese Zwischenzeiten kann man durch die Fauna in einem dieser Gebiete ziemlich deutlich feststellen, nämlich Südtunisien, auf das man sich also beziehen kann : triasischer Sandstein, triasisches-unterliasisches Salz, Sinemurien, Unterlias-Dogger, Bathonien 1, Bathonien 2, « Callovo-Oxfordo-Kimmeridgien », oberes Jura-Neocom, Barremien, Apt, Albien, Cenoman und Turoniän. Zuerst wird das Prinzip der Kodification der Stratigraphie zum Zweck einer Behandlung durch ein Computer dargelegt, dann wird es im Verlauf der geologischen Beschreibung angewendet. Zugleich werden die stratigraphischen und sedimentologischen Probleme erörtert. In welchen Umgebungen (See, Lagune, Festland) haben sich die verschiedenen Schichten niedergeschlagen ?

KAPITEL II. — PALYNOLOGISCHE SEDIMENTATION. GESETZE. GEOLOGISCHE INTERPRETATION

Die heutigen Beobachtungen (Nildelta, israelische Küsten, Münding des Stroms Delaware, Bahamas, Nordatlantik) zeigen, dass der luftplanktonische Niederschlag auf dem Festland und in den Seen, die es umgeben, allgemein aber gering ist, während der durch das Wasser bewirkte Niederschlag (Flüsse, Meerströme), räumlich begrenzt aber beträchtlich ist und eine umlassende Vorstellung von der Mannigfaltigkeit des Pflanzenlebens des Hinterlandes ermöglicht.

Source : MNHN, Paris

Die Untersuchung des Sandsteins Nubiens (africanisches Mesozoicum) und des zur Zeit niederschlagen oberflächlichen Bodensatzes (Darfur, Sudan) zeigt, dass das trockene tropische Klima die Vernichtung der Pollen und die Verkolhung der Pflanzenbruchstücke zur Folge hat. Im Gegenteil, im « deltaischen » Wealden Englands ist die Fossilienbildung der Sporen und Pollen gut ausgefallen und diese sind nach denselben gesetzen verteilt wie die Mineralpartikeln.

Wenn die brackige Umgebung (Pliozän Israels) viele Dinoflagellaten und wenig chitinartige Microforaminiferen enthält, so steht dagegen die zahl der letzeren in den Seen (Bahamas) in kleinem Verhältnis zu der fernung der Küsten.

Zum Schluss gibt es also statistisch einem palynologischen Inhalt, der für jede Umgebung characteristisch ist (Abb. II. 1).

KAPITEL III. — GEWINNUNG DES PALYNOLOGISCHES INHALTS. BEOBACHTUNGEN, MESSUNGEN, REGISTRIEREN DER INFORMATIONEN

In einer palyno-sedimentologischen Arbeit muss das Behandlungsverfahren standardisiert werden damit die ursprüngliche Zusammensetzung des organischen Inhalts der Felsen nicht verändert wird. Dann wird erklärt, wie man die Mengen oder die absoluten oder relativen Frequenzen der verschiedenen palynologischen Elemente schätzen oder messen kann, und wie alle diese Informationen in Karteien für Computer registriert werden können (Abb. III. 1 bis 3).

KAPITEL IV. — SPOREN UND POLLEN DES SAHARA-MESOZOICUMS. SYSTEMATIK UND STRATIGRAPHISCHE VERTEILUNG

Nache einer Erörterung der Klassifications Probleme und der Definition der palynologischen Art wurde die Beobachtung jedesmal zuerst mit einem gewöhnlichen Mikroskop und dann mit dem « Scanning Electron » Mikroskop durchgeführt. Dieses ist für eine genaue Beoachtung der *Monosaccites* des Mesozoicums unentbehrlich ; so wurden drei neue Gattungen definiert : *Taxacites*, *Cupressacites*, *Araucariapollenites*. Die Arten werden in ein Buchstaben und Zahlensystem übersetzt. Für manche *taxa* wird eine Tabelle der quantitativen stratigraphischen Verteilung der Arten beigelegt (Tab. IV. 1 bis 7).

KAPITEL V. — STRATIGRAPHISCHE, PALEOBOTANISCHE, PALEOGEOGRAPHISCHE ERGEBNISSE

Elf qualitative Assoziationen von reichlich vertretenen Arten (mehr als 5 %) können in der ganzen Sahara leicht festgestellt werden (Tab. V. 1). Der Verteilung dieser Arten in Europa und Westafrika gegenübergestellt, ermöglich diese Assoziationen eine Chronostratigraphie, welche es unter anderem erlaubt, die ausbreitung des triasischen Sahara-Sandsteins zeitlich festzulegen, die Grenze zwischen Trias und Jura und die Grenze zwischen Jura und Kreide zu unterscheiden. Ferner erlaubt die Behandlung durch einen Computer die Schichten durch die statitische Analyse der palynologischen Bevölkerung genau zu datieren.

Nach eine Diskussion über die Gütligkeit der Interpretation der früheren Pflanzenwelt auf Grund der pollenischen Analyse wird die Entwicklung der Pflanzenwelt der Sahara während des ganzen Mezosoicums geschildert (Abb. V. 2) : Verschwiden der *Disaccites* im Verlauf der Rhät botanische individualisierung des afrikanischen Kontinents ab dem Barremien.

Nach einer methodologischen Forschung über die Interpretation, die man von der Niederschlagsumgebung nach den palynologischen Informationen geben kann, wurden vier Umgebungstypen (beständige Seeumgebung ; Umgebung mit Wechsel von See und Lagune ; kontinental Lagune Umgebung ; rein festländische oberflächliche Umgebung) auf der Sahara Plattform in mehreren Zwischen-

Source : MNHN, Paris

zeiten des Mezosoicums festgestellt und geographisch abgesteckt. Jede Umgebung kann eventuell an bestimmten Stellen « deltaisch » sein (Abb. V. 9 bis 12).

KAPITEL VI. — PROZESS DER PALYNOGISCHEN SEDIMENTATION.

Die Berechnung mit dem Computer der statistischen Wechselbeziehungen zwischen den Mengen der verschiedenen palynologischen Elementen und dem petrographischen Prozensatz erlaubt es, mehrere Hypothesen über den palynosedimentologischen Prozess aufzustellen (Abb. VI. 3 bis 27). Schliesslich wird ein theoritisches Schema über die statistische Verteilung der Pollen und des gestaltlosen Kerogens im Fall einer Bodensatz-Plattform gegeben (Abb. VI. 28).

SCHLUSS

Erörterung der angewandten Methoden und der erzielten Ergebnisse.

Source : MNHN, Paris

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИНФОРМАТИКОЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ К СТРАТИГРАФИИ И СЕДИМЕНТОЛОГИИ

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Это палкнологическое (в широком смысле) изучение относится к серипм алжирско-туниской Сахары, от Триаса до Турока к заключает палеоботаническое, стратиграфическое и седиментологкческое исследовакие. Кроме этой диссертации существует картотека, записаняая ка магнптной лекте : 7.200 палинологических ккформаций относятся к 1.200 кзучеяным образцам (популяции, петрографические, литологические и палино-седимекто-логические характеристикк) и также серия лрограмм ФОРТРАН (Control Data 3.600 кли I BM), все зто каходится в раслоряжении лабораторкк геологии Нацконального Музеиума Естественной Истории в Париже и может быть кспользовано для других районных изу-чений.

1-ая ЧАСТЬ

КРАТКИЙ ОЧЕРК ГЕОЛОГИИ, СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Двадцать шесть разрезов изученкых скважин находятся в шестк геологических лровинцкях (Фиг. I. 1, I. 2 и I. 3, Г. Бюссон 1970).

В каждой провинции могут бытьограничены 13 стратиграфических иктервалов при помощи корреляций различными диаграфиями (злектрической, звуковой, лучами у). Возраст этих иктервалов довольно хорошо определёк фауной в одной провинции крайкего Юга Туккса, которая, таким образом является олоркой и относится к :

— песчанникам Триаса, соленому Триасу-Инфралейасу, Синемуру, Лейасувижнему Доггеру, Батскому ярусу 1 к 2, Келловей-Оксфорду, Кимсриджскому ярусу, кокечной Юре, Неокому, Барраму, Апту, Альбе, Сеяоману и Турону. Изложен также принцкп кодификации стратиграфик для её обработки ордиватором. Этот же прккцип применяется при описании геологии, в то же время, как определяются стратиграфнческие и седиментологические проблемы : в какой среде (морской, лагунной, конткккентальной) отложились разлкчные формации.

2-я ЧАСТЬ

ОТЛОЖЕНИЕ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА. ХАРАКТЕР, УСЛОВИЯ, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИНТЕРПЕТАЦИЯ

Телерешние наблюдения (дельта Нила, побережье Израеля, эстуарнй реки Делавер, Багамское побережье, северная часть Атлантического Океана) показывают, что прикос плакктона воздушным путём на конткккентальных ареалах и в окружающих их морях, в общем, не велик, в то же время, как принос водяным путём (реки, морские течекия) локалнзировак, но значнтелен и показывает полнее растителькое богатство внутри материка.

Source : MNHN, Paris

Изучекие песчаннков Нубии (африканский Мезозой) и теперешних детритнческих отложекий (Дарфур, Судан указывает, что сухой тропический климат вызывает фоссилизацию суб-воздушную, разрушение пыльцы и карбонизацню растительных остатков.

Наоборот, в английском дельтаческом Вельде споры и пыльца хорошо фоссилизированы и их распределение следует тем же закопам, каким следуют минеральные частнчки.

По скольну в солоновато-лагунной среде (Плносен Израеля) яаходится много динофлажелат и редкие хитиновые микрофораминиферы, в морской среде (Багамские острова) многочисленность последних не имеет прямого отношения к удалённости берега.

В заключенне, каждая среда статистически характеризуется особым типом палинологичсского материала (Фнг. II. 1)

3-тья ЧАСТЬ

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА. НАБЛЮДЕНИЯ — РЕГИСТРИРОВАНИЕ ДАННЫХ

Палино-седнментологическое изучекие требует, чтобы техяика приготовлення материала была стандаризирована и чтоб не было искажения начального состава органического вещества в породе. Изложено, как можно оцекить или измерить количества, абсолютные нли относнтельные частотности разных палннологических элементов и каким образом все эти дакные могут быть регнстрированы на карточках ординатором типа « emboité » (Фиг. III. 1, III. 2, III. 3).

4-ая ЧАСТЬ

СПОРЫ И ПЫЛЬЦА МЕЗОЗОЯ САХАРЫ. СИСТЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ И СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

После толкавонпя проблем классификации и способа определеяня палиноиогического вида, каблюдеяия были систематнчески произведены фотоническим и электроническим микроскопамн. Наблюдения электроническим микроскопом оказались необходимымн для безапертурной пыльцы Мезозоя ; таким образом были определены три яовых рода : *Taxacites*, *Araucariapollenites*, *Cupressacites*. — Следуя классификации P. Потонье, виды былп кодифицированы и нумерованы (Фиг. III. 4). Таблица качественного стратиграфического распространения дана для некоторых групп (Таб. IV, I-7).

5-ая ЧАСТЬ

РЕЗУЛЬТАТЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ, ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГРАФИЧЕСКИЕ

Можно легко найти во всей Сахаре одинадцать качественных видовых ассоциаций, часто встречающихся (более 5 %) (Таб. V. 1).

В сравяеяии с европейскими пкаламл и со шкалами Западной Афрнки, эти ассоциации устакавливают хроностратиграфию, которая в частности позволяет датировать трансгрессию песчанников Триаса Сахары и определить гранпцы : Триаса — Юры, и Юры — Мела. — Кроме того, обработка ординатором устанавливает возраст геологнческих разрезов, при статнстическом изучеяии популяции : (Таб. V. 3, У. 4).

После разбора толкования древней растительностн, на основання популяции пыльцы, описывается зволюция растительности Сахары в продолженин Мезозоя (Фнг. V. 2) :

Source : MNHN, Paris

отсутствие *Disaccites*, начиная с Инфра-Лейаса, — афринансная обособленяость, начиная с Баррема.

После исследования методини толнования среды отложений, основываясь на палинологичесних данных, были выделены 4 типа среды (морсной постоянной, лагунной промежуточной, лагунной нонтинентальной, нонтинентальной « суб-воздушной » и также возможный дельтаичесний характер) на платформе Мезозоя Сахары в разных этажах (Фиг. V. 9-12) ; палеогеография была также восстановлена.

6-ая ЧАСТЬ

МЕХАНИЗМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ОСАДКООБРАЗОВАНИЯ

Основываясь на расчётах ординатора ноличеств разных палинологичесних элементов и петрографичесних пропорций и их статистических соотношений, излагаются несноль гипотез механизма осаднообразования (VI. 3-27). Нанонец, дана схема статистичесного распределения пыльцы — спор и аморфного органического вещества на платформе осаднобразования (Фиг. VI. 28).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размышления об использованных методах и о полученных результатах.

IMPRIMERIE NATIONALE

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

PLANCHES

BIBL DU MUSEUM D'HIST.

Source : MNHN, Paris

PLANCHE I

Fig. 1-2 : *cf. B. Leiotriletes microadriennis* Krutzsch (TL 2).
Bathonien — Cénomanien.
1, spécimen de forme sphérique.
2, spécimen de forme triplane vue en m.e.b.

Fig. 3 : *cf. C. Cyathidites minor* Couper (TL 31).
Sinémurien (?) — Albien.

Fig. 4-6 : *Plicifera sp. 1* (TL 16).
Lias — Albien.
4, 5, 6, plis arqués dus à une dépression proximale.

Fig. 7-8 : *cf. C. Todites minor* Couper (TL 4).
Jurassique supérieur — Albien.

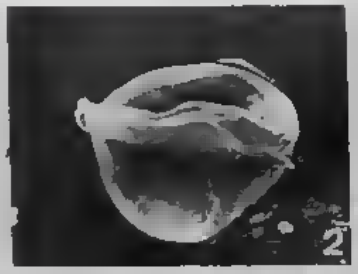
Fig. 10-11 : *cf. B. Leiotriletes leiodorogensis* Krutzsch (TL 5).
Lias — Albien.

Fig. 12 : *cf. C. Biretisporites potoniaei* (Delcourt et Sprumont). Delcourt, Dettmann et Hughes (TL 8).
Bathonien — Aptien.
Remarquer les deux couches de l'exine et le pli formé par la couche externe le long des laesurae, pli vu ici en coupe optique transversale.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris

1



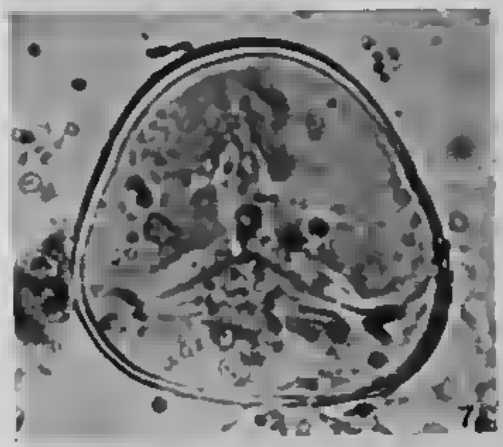
2

3

4

5

6



7

8

9

10

12

11

2 564 039 6

BIBL DU MUSEUM

Source : MNHN, Paris

PLANCHE II

Fig. 1-2 : *cf. C. Biretisporites potoniaei* (Delcourt et Sprumont). Delcourt, Dettmann et Hughes (TL 8).
Bathonien — Aptien.
1, coupe optique équatoriale.
2, lèvres élevées bordant les laesurae.

Fig. 3-5 : *Gleicheniidites sp. 1* (TL 28).
Trias moyen — Albien.
3, 4, 5, partie proximale en relief.

Fig. 6 : *cf. B. Concavissimisporites punctatus* (Delcourt et Sprumont) Singh (TL 36).
Bathonien — Aptien.

Fig. 7 : *Azonotriletes lisse 1* (TL 42).
Aptien.

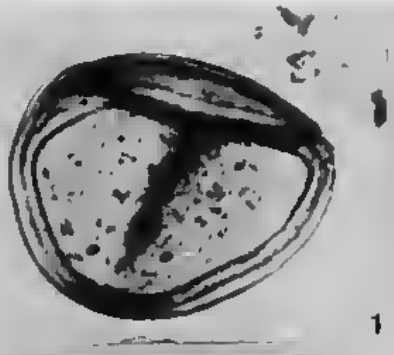
Fig. 8 : *cf. B. Stenozonotriletes aptiensis* Deak (TL 51).
Albien.

Fig. 9-12 : *Gleicheniidites sp. 2* (TL 25).
Trias — Barrémien.
Remarquer les épaississements latéraux, les plis arqués proximaux, la partie proximale longeant les laesurae déprimée.

Fig. 13-14 : *cf. B. Matonisporites equiexinus* Couper (TL 10).
Bajocien (?) — Néocomien.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris


1

2

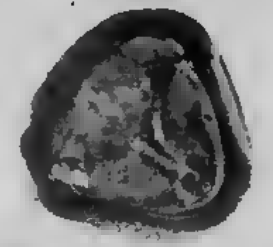
5

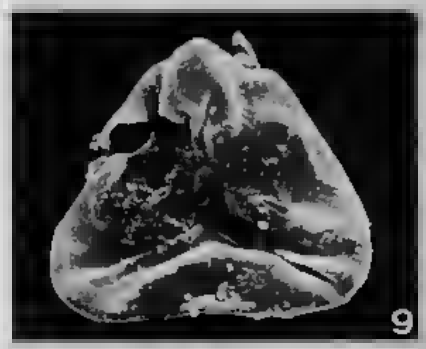
3

4

6

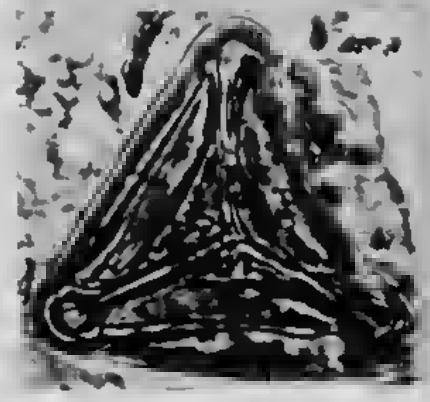
7


8

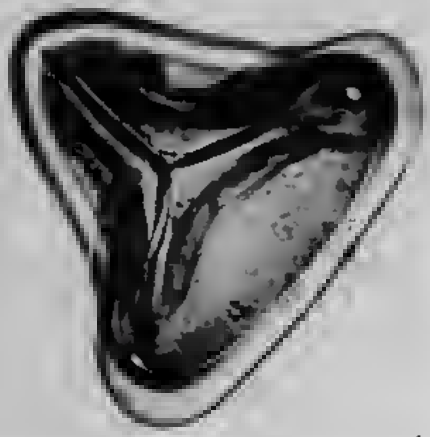

9

10

11



13


14

Source : MNHN, Paris

PLANCHE III

Fig. 1, 7 : *cf. C. Dictyophyllidites harrisii* Couper (TL 43).
Bathonien — Néocomien.

Fig. 2 : *Sphagnumsporites sp. 1* (TL 14).
Bathonien — Jurassique supérieur.
Vue polaire, mise au point sur la partie proximale ; la pseudo-marque trilète distale est décalée de 60° par rapport à la marque trilète proximale.

Fig. 3-4 : *cf. C. Laevigatisporites neddeni* (Potonié) Pflug (TL 17).
Lias — Kimméridgien.

Fig. 5-6 : *Deltoïdospora sp. 1* (TL 20).
Sinémurien (?) — Kimméridgien.
Remarquer la manière dont l'un des panneaux proximaux recouvre les deux autres.

Fig. 8-9 : *cf. D. Deltoïdospora junctum* (Kara - Murza) Singh (TL 35).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 10 : *cf. B. Concavisporites antveilleriensis* Thomson et Pflug (TL 48).
Lias moyen (?) — Kimméridgien.

Fig. 11 : *Deltoïdospora sp. 2* (TL 18).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 12 : *Azonotriletes lisse 2* (TL 47).
Lias moyen (?).

Fig. 13 : *Cyathidites sp. 1* (TL 32).
Lias — Dogger inférieur.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

PLANCHE IV

Fig. 1 : *Azonotriletes lisse 3* (TL 40).
Crétacé inférieur (?).

Fig. 2 : *Azonotriletes lisse 4* (TL 6).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 3 : *cf. A. Matonisporites phlebopteroïdes* (TL 46).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 4-5 : *Azonotriletes lisse 5* (TL 56).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 6 : *cf. C. Deltoïdospora hallii* (Miner) Potonié (TL 57).
Bathonien.

Fig. 7 : *Divisisporites sp. 1* (TL 26).
Aptien.

Fig. 8 : *Triquitrites sp. 1* (TL 53).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (remaniée ?).

Fig. 9-10 : *cf. C. Matonisporites equiexinus* Couper.
Bajocien (?) — Néocomien.

Fig. 11 : *cf. C. Verreticulisporis coverrucosus* Krutzsch (TV 1).
Lias — Crétacé inférieur.

Fig. 12 : *cf. A. Cingulatisporites levispeciosus* Pflug (TL 21).
Bathonien — Néocomien.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris

11

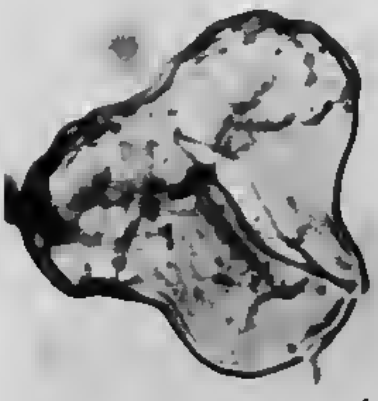
9

10

1

2

3

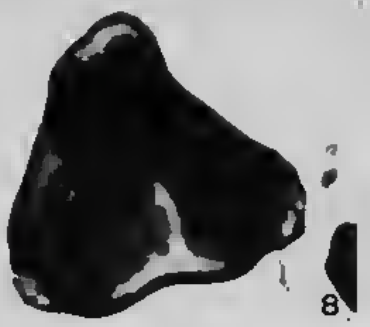


4

5

6

7



8

12

Source : MNHN, Paris

PLANCHE V

Fig. 1-3 : *Perotrilites perinopustulosus* Reyre (TL 10).
Barrémien — Cénomanien.

1, vue en microscopie électronique à balayage, périspore parfaitement lisse et d'aspect général cérébroïde.
2, spécimen de grande taille à exine mince.
3, spécimen de petite taille à exine épaisse.

Fig. 4 : *cf. C. Densoïsporites velatus* Weyland et Krieger (TLP 9).
Barrémien — Albien.

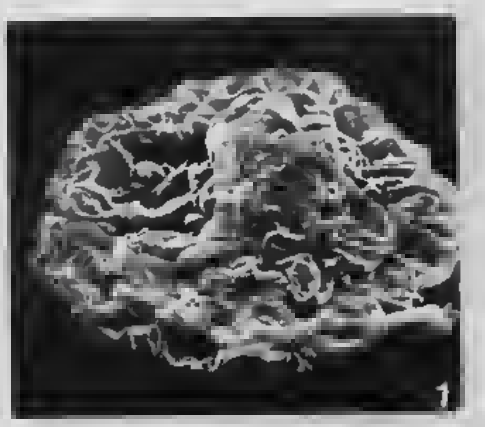
Fig. 5 : *Perotrilites sp. 1* (TLP 9).
Bathonien — Néocomien.

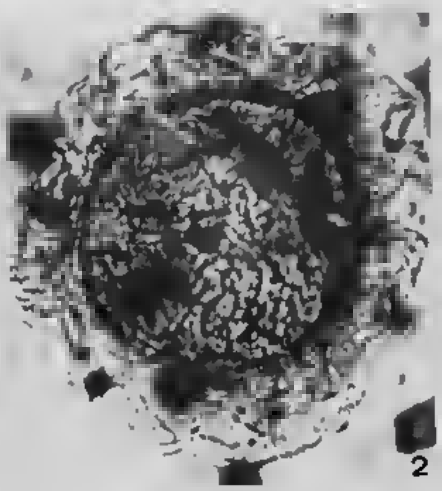
Fig. 6 : *cf. A. Cingulatisporites simplex* Cookson et Dettmann (TLP 15).
Callovien — Albien.

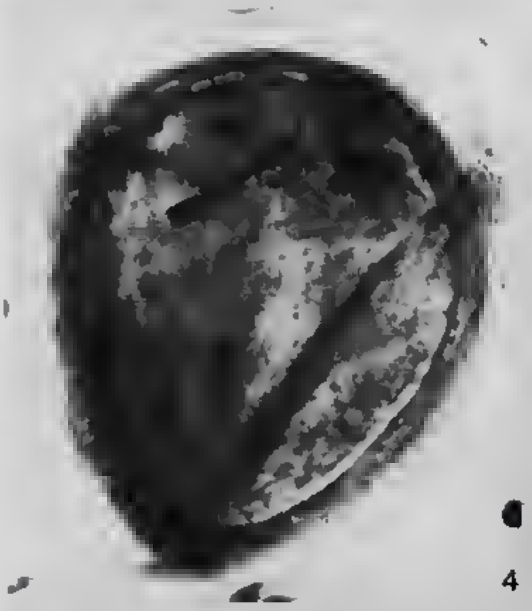
Fig. 7 : *cf. B. Perotrilites granulatus* Couper (TLP 7).
Bathonien — Kimméridgien.
7, marque trilète nettement visible.

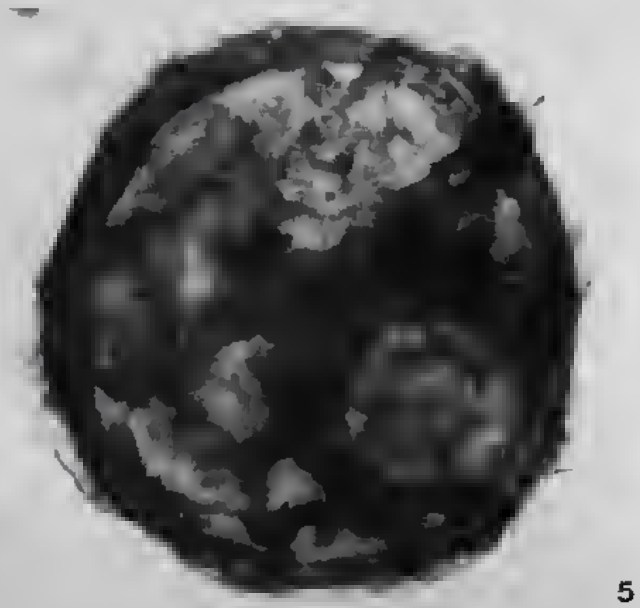
Toutes les figures : grandissement × *1000.*

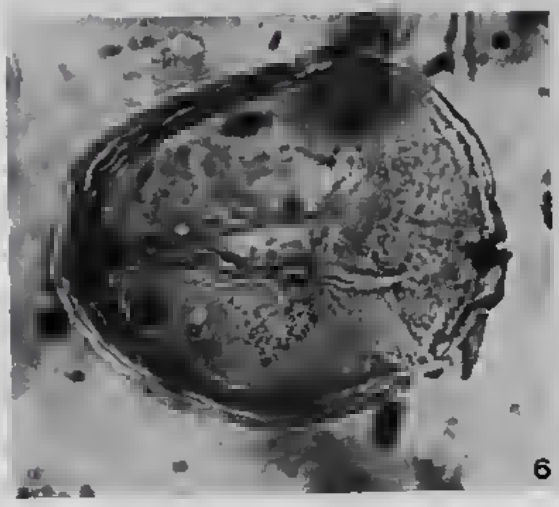
Source : MNHN, Paris











Source : MNHN, Paris

PLANCHE VI

Fig. 1 : *cf. B. Perotrilites granulatus* Couper (TLP 7).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 2 : *cf. B. Densoisporites microrugulatus* Brenner (TLP 8).
Jurassique supérieur — Néocomien.

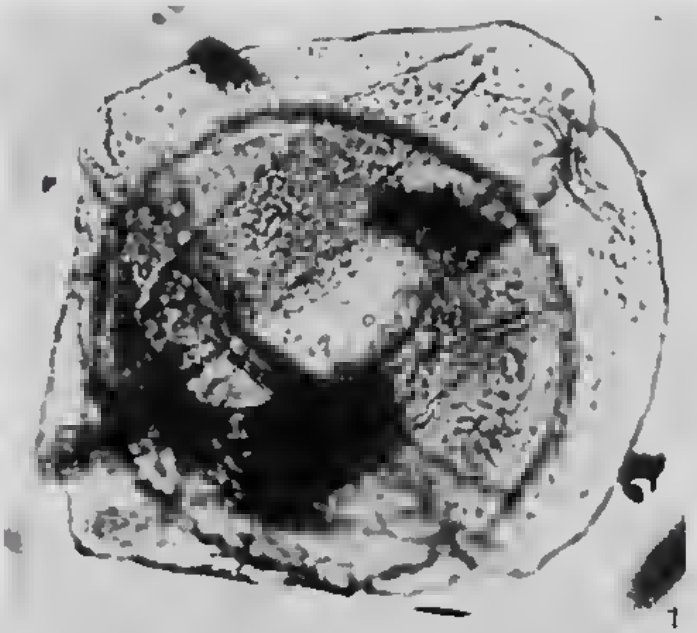
Fig. 3-5 : *cf. A. Lygodiidites balmei* Pocock (TLP 18).
Jurassique supérieur — Néocomien.

Fig. 6-7 : *cf. C. Perotrilites perinatus* Hughes et Playford (TLP 3).
Bathonien — Kimméridgien.

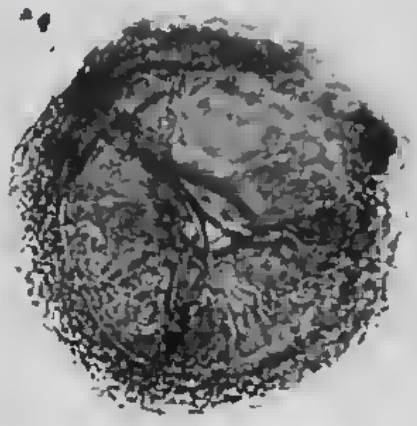
Fig. 8-10 : *Thomsonisporites sp. 1* (TLP 0).
Infralias (?) — Lias inférieur (?).

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



1

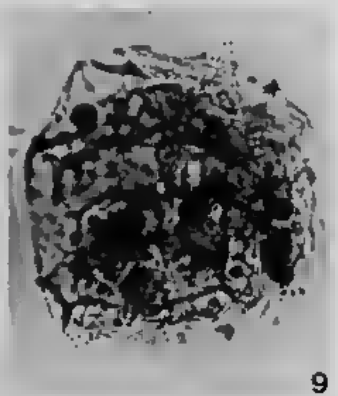


2

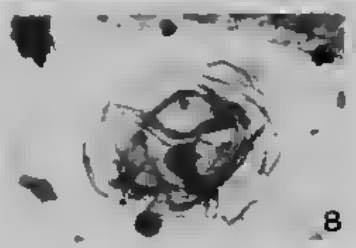
3

5

10

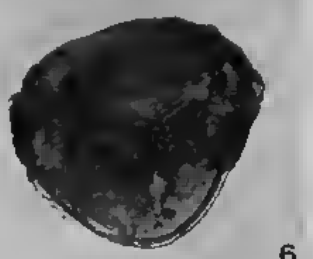


9



8

4



6

7

Source : MNHN, Paris

PLANCHE VII

Fig. 1 : *cf. C. Todisporites granulatus* Tralau (TV 7).
Albien.

Fig. 2 : *Verrucosisporites sp. 1* (TV 38).
Répartition imprécise : présence à la partie supérieure du Lias-Dogger inférieur et à l'Albien.

Fig. 3 : *cf. A. Trilobosporites trioreticulosus* Cookson et Dettmann (TV 49).
Néocomien — Albien.

Fig. 4 : *Verreticulisporis sp. 1* (TV 68).
Jurassique supérieur — Aptien.

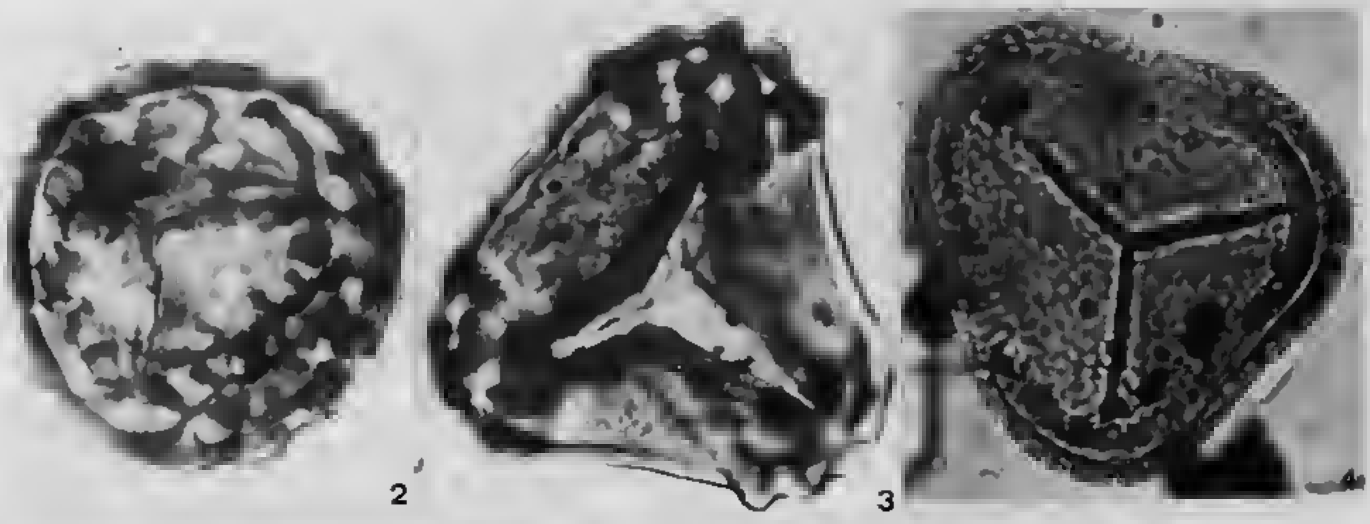
Fig. 5 : *cf. B. Verreticulisporis giganteus* Danzé et Laveine (TV 67).
Callovien — Aptien.

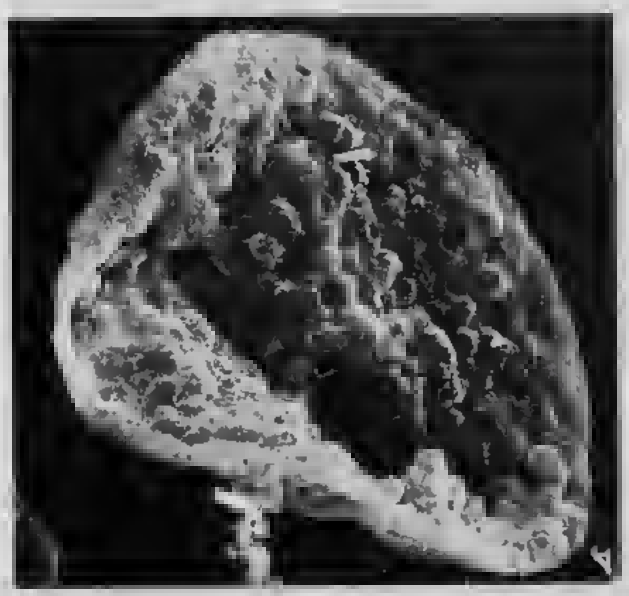
Fig. 6-7 : *Rotverrusporites sp. 1* (TV 0).
Bathonien — Kimméridgien.

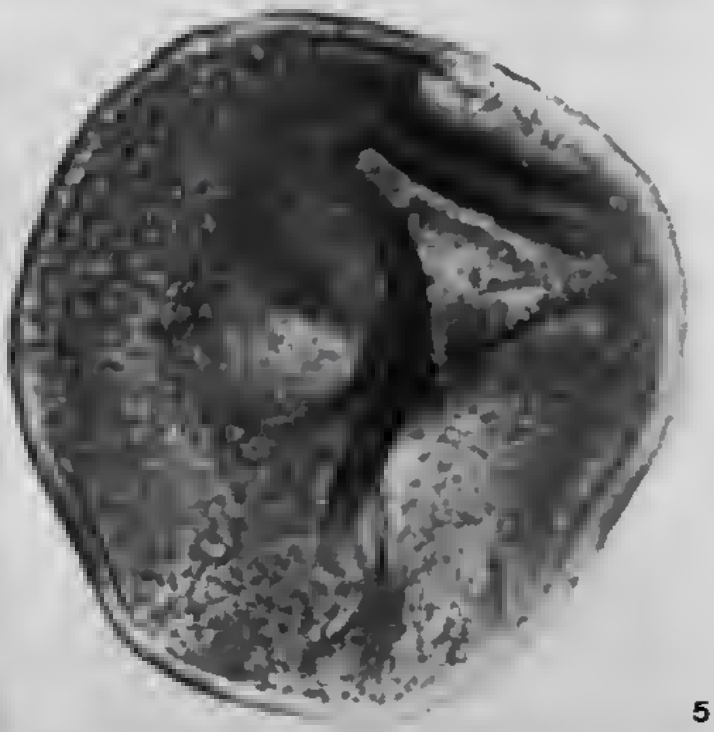
Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6 : grandissement × *1000.*

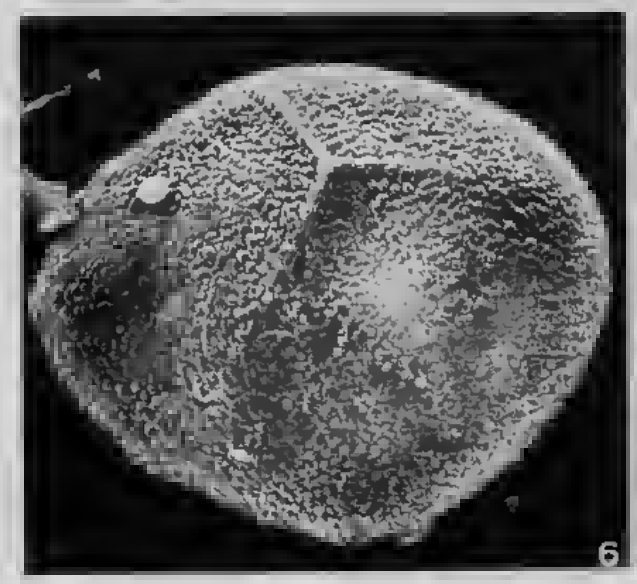
Fig. 7 : grandissement × *5000.*

Source : MNHN, Paris









Source : MNHN, Paris

PLANCHE VIII

Fig. 1-3 : *Trilites sp. 1* (TV 2).
Lias — Dogger inférieur.

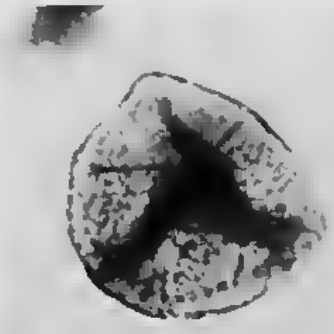
Fig. 4 : *Rotverrusporites sp. 2* (TV 10).
Bathonien — Néocomien.

Fig. 5-8 : *cf. A. Rotverrusporites tenuis* Döring (TV 11).
Bathonien — Néocomien.
5, 6, 7, formes aux verrues arrondies non circulaires faiblement hétérométriques.
8, forme aux verrues hétérométriques.

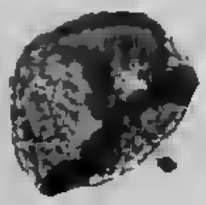
Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 : grandissement × *1000.*

Fig. 7 : grandissement × *5000.*

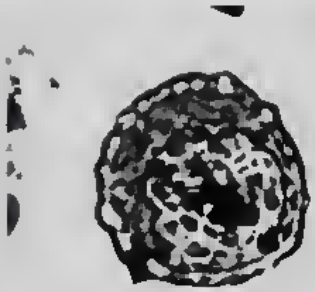
Source : MNHN, Paris



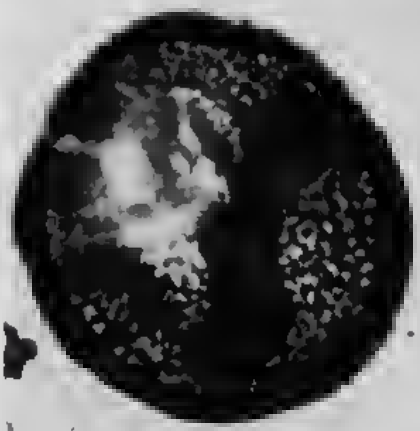
1



2

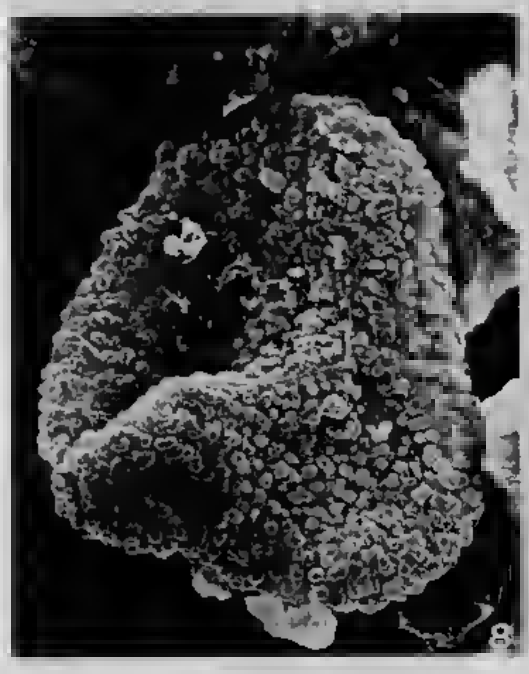


3



4

5



8

7

Source : MNHN, Paris

PLANCHE IX

Fig. 1-3 : *cf. A. Concavissimisporites variverrucatus* (Couper). Singh (TV 15).
Bathonien — Néocomien.

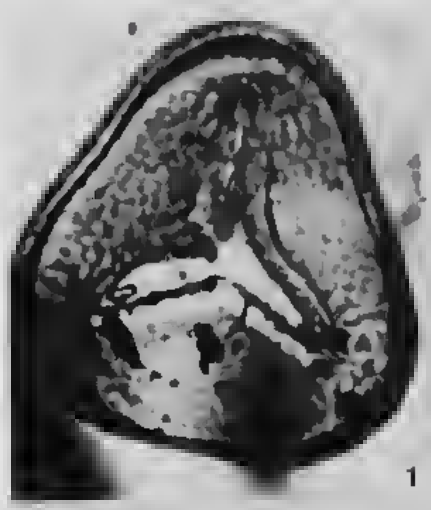
Fig. 4-5 : *cf. C. Trilites verrucatus* Couper (TV 16).
Dogger inférieur (?) — Jurassique supérieur (?).
4, petite forme à verrues petites irrégulières.
5, grande forme à verrues grandes irrégulières.

Fig. 7 : *cf. A. Leptolepidites verrucatus* Couper (TV 18).
Bathonien — Jurassique supérieur (?).

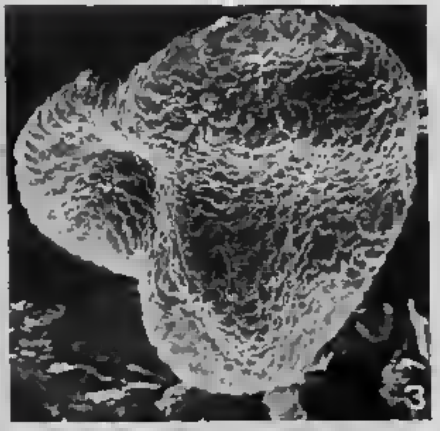
Fig. 8-9 : *cf. C. Concavissimisporites verrucosus* (Delcourt et Sprumont). Delcourt, Dettmann et Hughes (TV 20).
Bathonien — Jurassique supérieur (?).
8, 9, spécimen à verrues rugueuses.

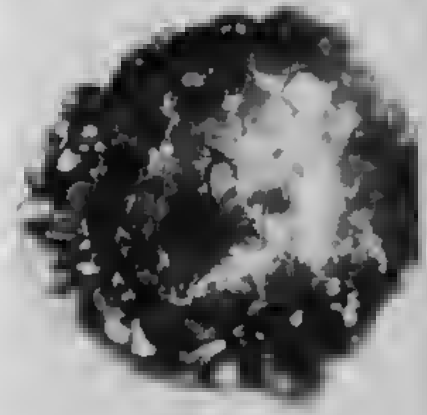
Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris


1

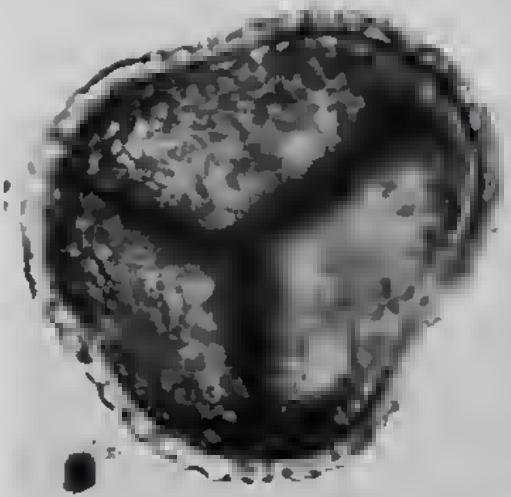
2


3

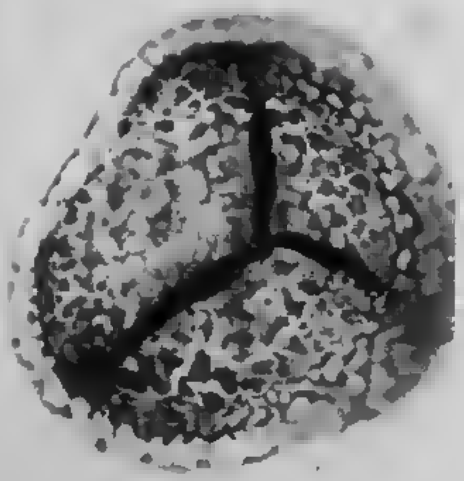

6

5

7


8

4


9

Source : MNHN, Paris

PLANCHE X

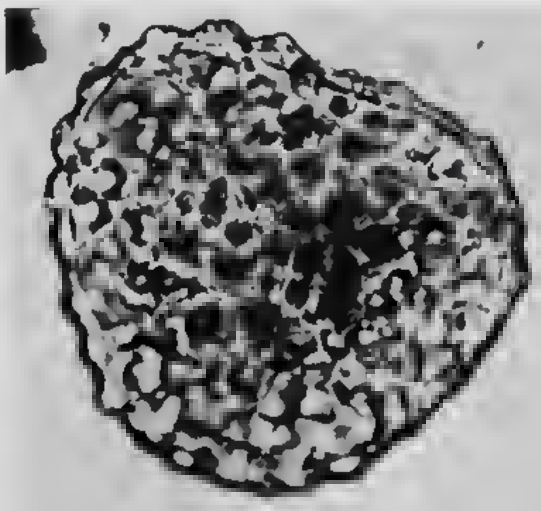
Fig. 1-3 : *cf. C. Concavissimisporites verrucosus* (Delcourt et Sprumont) Delcourt, Dettmann et Hughes (TV 20).
Bathonien — Jurassique supérieur (?).
1, spécimen à verrues arrondies.
2, 3, spécimens à verrues polygonales.

Fig. 4-5 : *Tuberositriletes tuberculiformis* (Cookson) n. comb. (TV 25).
Bathonien — Néocomien.

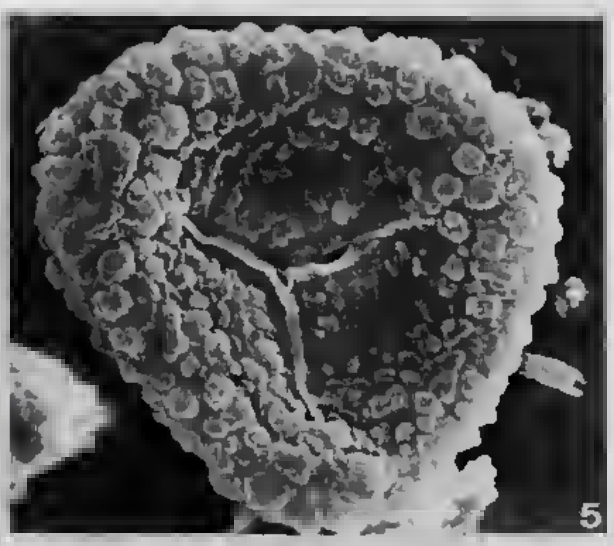
Fig. 6 : *cf. C. Trilites kopukuensis* Couper (TV 28).
Bathonien — Callovien (?).

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

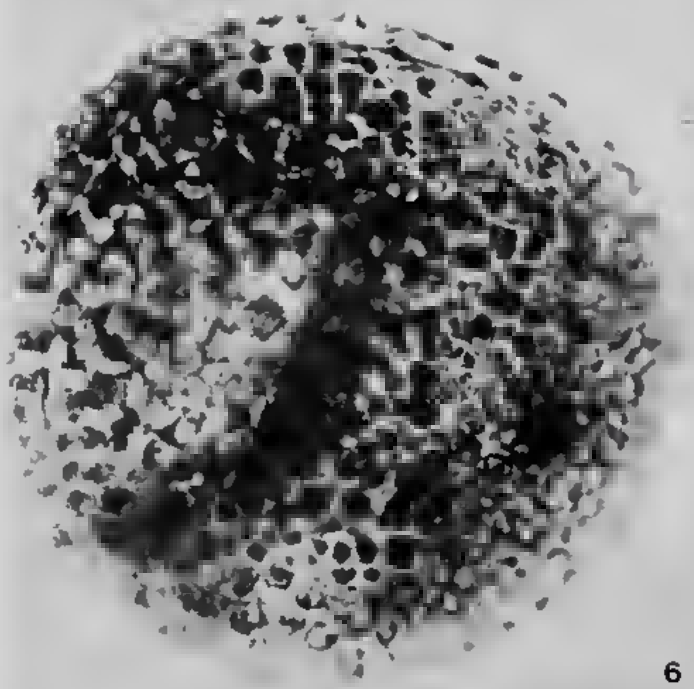
Source : MNHN, Paris



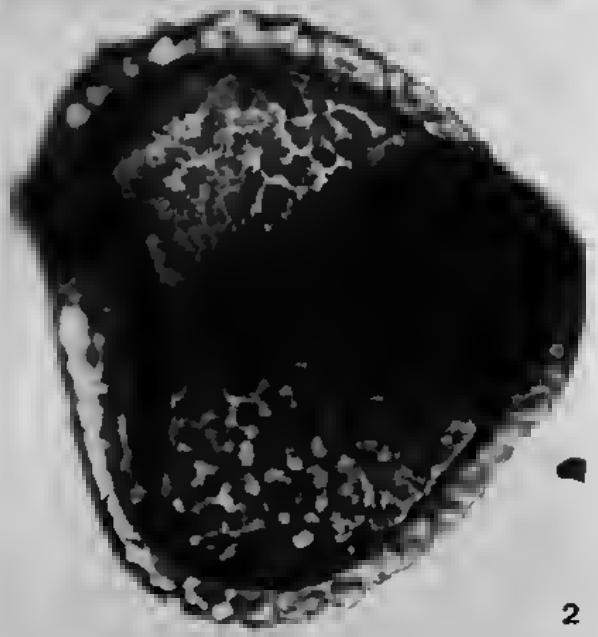
4



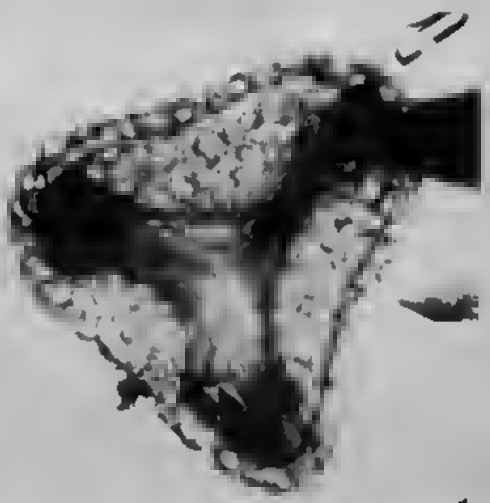
5



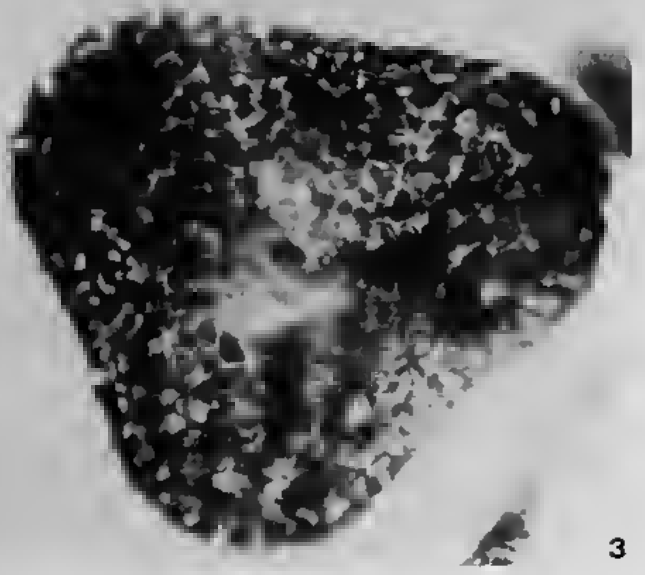
6



2



1



3

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XI

Fig. 1 : *cf. C. Lygodioisporites verrucosus* Deak (TV 29).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 2-6 : *cf. Trilobosporites apiverrucatus* Couper (TV 33).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien — Néocomien.

2, 6, spécimens à exine très épaisse et grosses verrues (SB I, 919 m, Jurassique supérieur — Néocomien).

3, spécimen à exine peu épaisse (SN I, 685 m, Jurassique supérieur — Néocomien).

4, spécimen à l'exine épaisse et la partie proximale nettement pyramidale (SN I, 855 m, Callovo-Oxfordien-Kimméridgien).

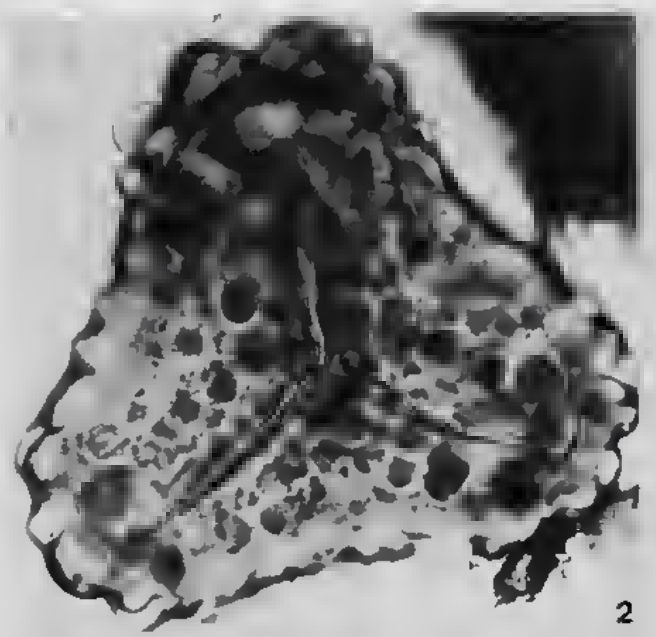
5, spécimen à verrues plates (Israël Heletz 1, 1950 m, Valanginien, ici figurée comme référence, identique à des formes trouvées en mauvais état dans l'échantillon MR I, 520 m, partie supérieure du Callovo-Oxfordien-Kimméridgien).

Fig. 7-8 : *Trilobosporites sp. 1* (TV 36).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

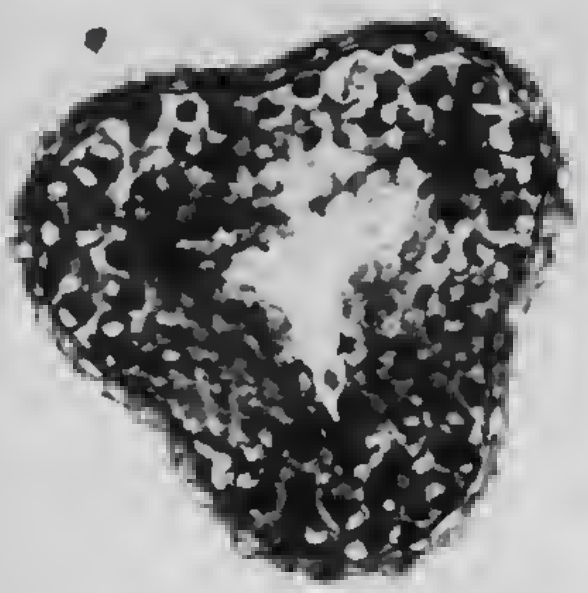
Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 8 : grandissement × 1000.

Fig. 7 : grandissement × 5000.

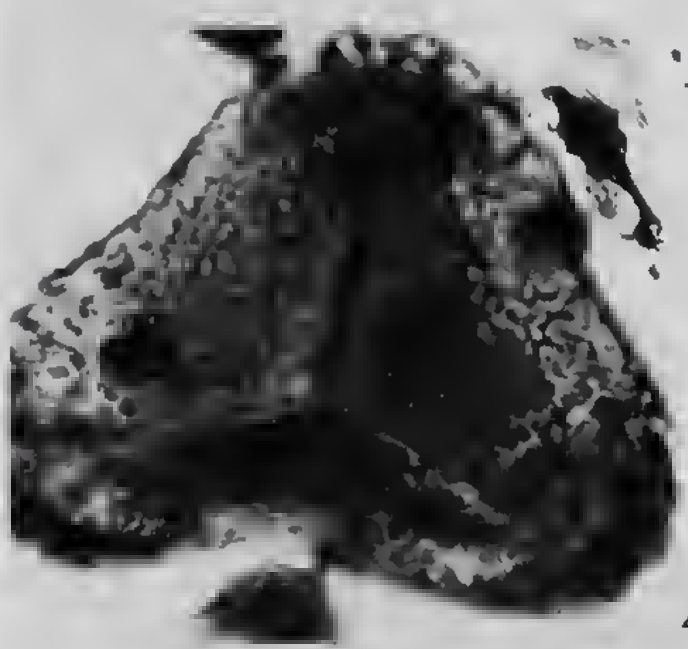
Source : MNHN, Paris



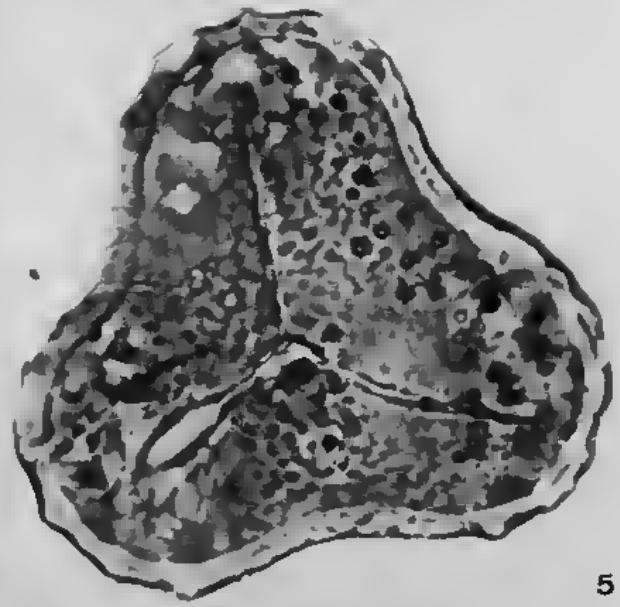
2



3

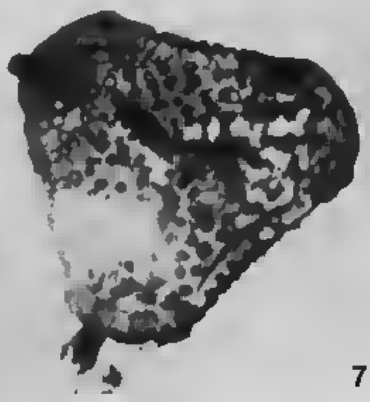


4

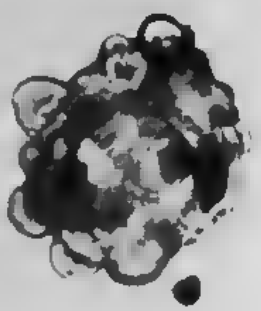


5

6



7



1

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XII

Fig. 1 : *Azonotriletes verruqueuse 1* (TV 34).
Bajocien (?) — Bathonien.

Fig. 2 : *Verrucosisporites sp. 1* (TV 37).
Jurassique supérieur — Néocomien.

Fig. 3-4 : *cf. C. Tuberositriletes major* Döring (TV 51).
Callovien (?) — Néocomien.
4, détail de l'exine du spécimen de la fig. 3 montrant la forme variable des tubérosités.

Fig. 5-6 : *Trilites sp. 3* (TV 53).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 7 : *cf. A. Verrucosisporites sp.* Singh 1964 (TV 9).
Lias-Dogger inférieur.

Fig. 8 : *Varirugosisporites sp. 1* (TV 44).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

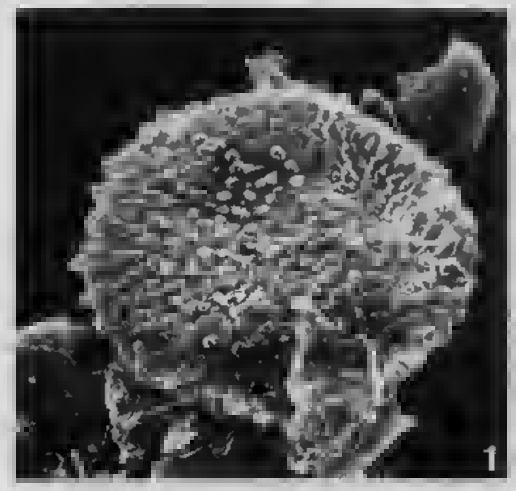
Fig. 9 : *Varirugosisporites sp. 2* (TV 40).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 10 : *cf. B. Deunstaedtia concava* Bolchovitina (TV 47).
Crétacé inférieur (?).

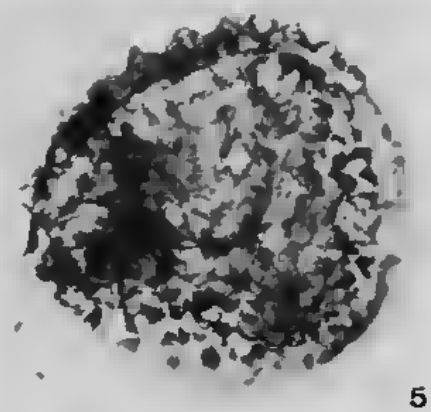
Fig. 11 : *cf. B. Uvaesporites argentaeformis* (Bolchovitina) Schulz (TV 30).
Jurassique supérieur (?).

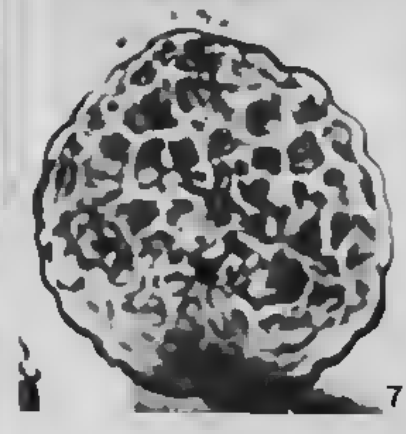
Fig. 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11 : grandissement × 1000.
Fig. 4, 6 : grandissement × 2000.

Source : MNHN, Paris

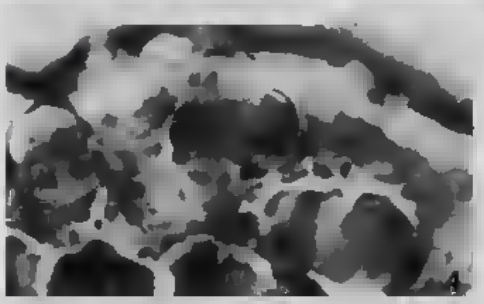

1

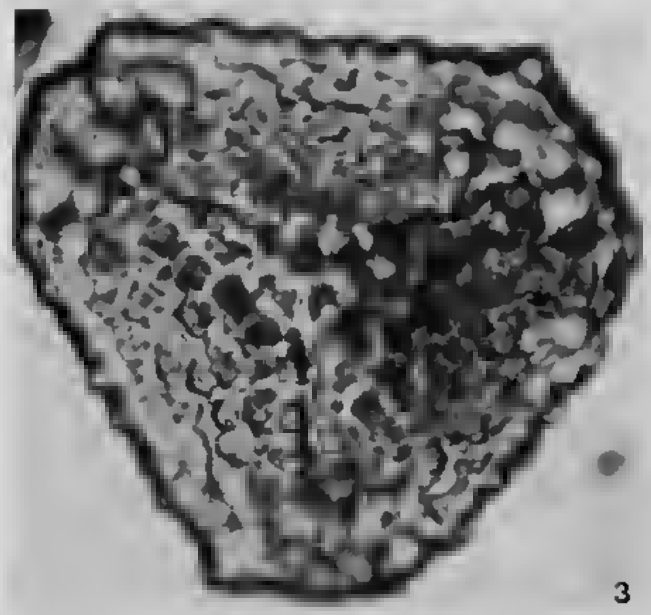
2

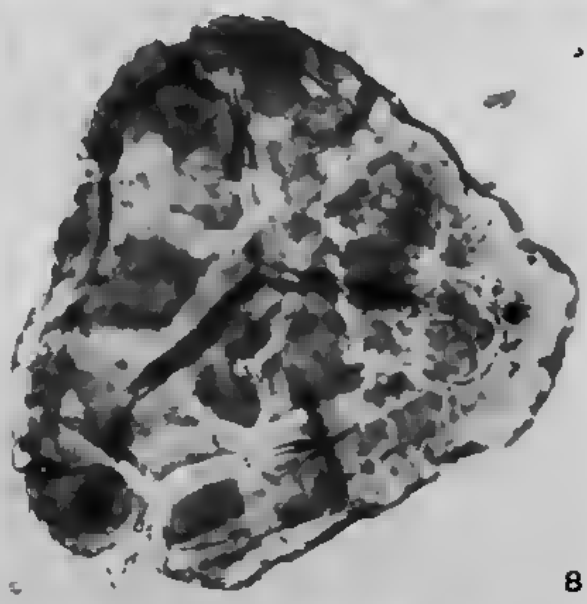

5

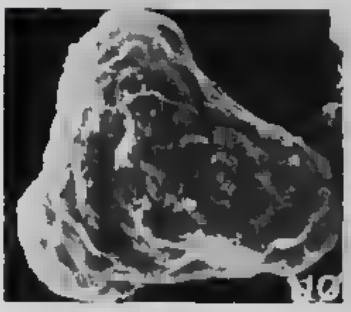

7

6

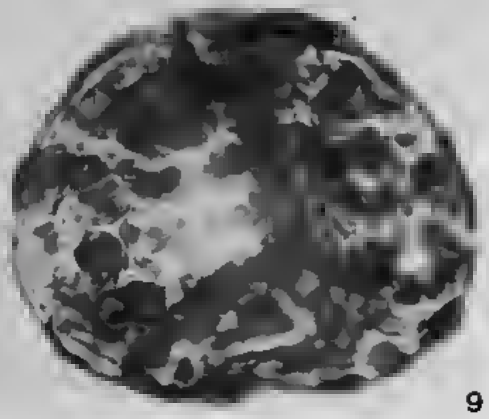

4


3


8


10

11


9

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIII

Fig. 1 : *cf. B. Rugulatisporites quintus* Thomson et Pflug (TV 71).
Jurassique supérieur — Néocomien.

Fig. 2 : *cf. C. Lygodiosporites perverrucatus* Couper.
Bathonien — Kimméridgien.
2, forme de petite taille.

Fig. 3 : *Tuberotriletes sp. 2* (TV 74).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.
3, tubérosités rugueuses et tourmentées, plus larges que hautes.

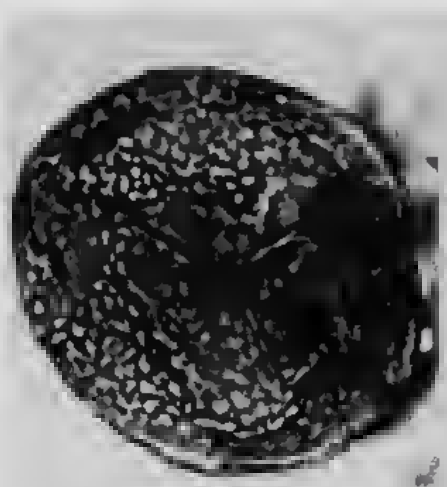
Fig. 4-5 : *cf. Neoraistrickia* sp. 1 (TV 54).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.
4, 5, spécimen muni de baculae en forme de pilier massif et bourgeonnant.

Fig. 6-7 : *cf. Lycopodiacidites* sp. 1 (TV 50).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.
6, sculpture très réduite sur la face proximale, très développée sur la partie distale bombée.
7, éléments de sculpture : bourgeons allongés.

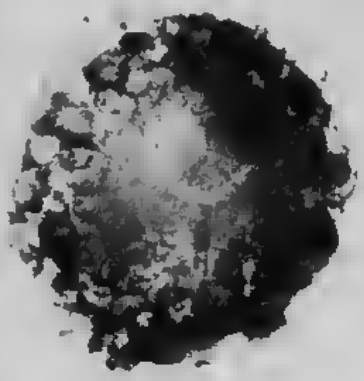
Fig. 1, 2, 3, 4, 6 : grandissement × 1000.

Fig. 5, 7 : grandissement × 2400.

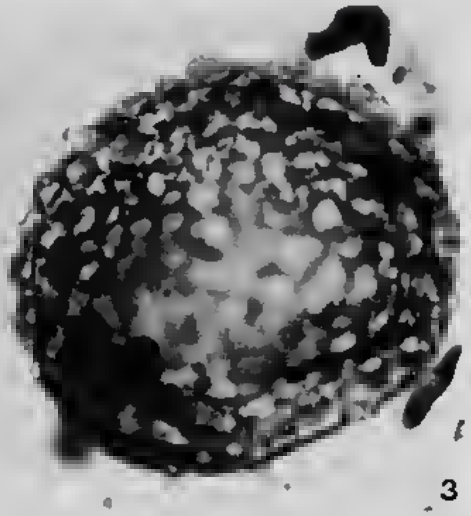
Source : MNHN, Paris



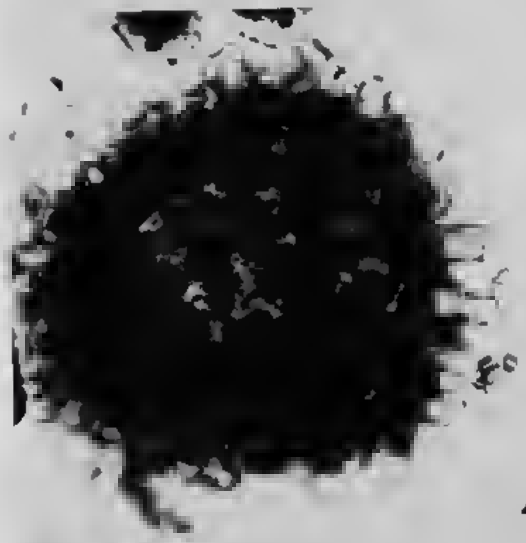
1



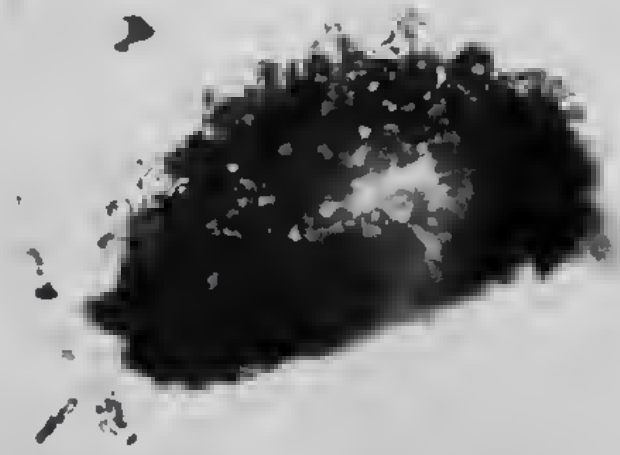
2



3

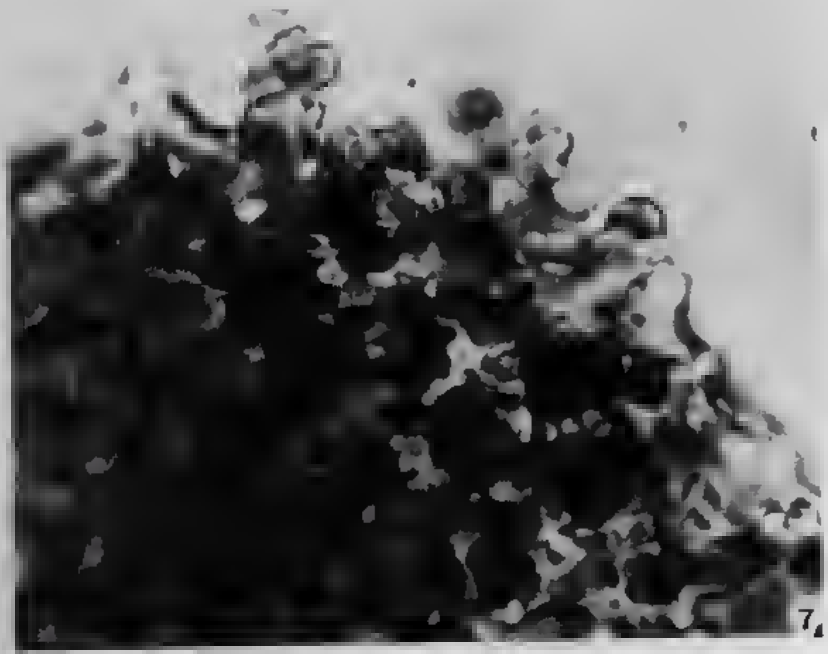


4



6

5



7

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIV

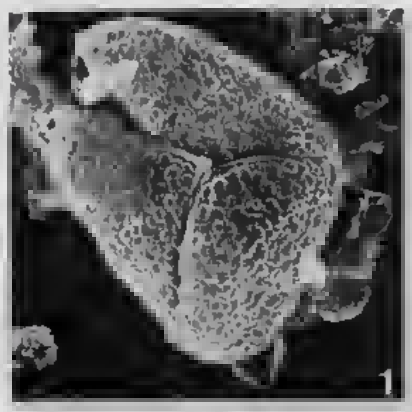
Fig. 1-2 : *cf. C. Rotverrusporites tenuis* Döring (TV 69).
Callovo-Kimméridgien.
1, forme triangulaire aux angles arrondis.
2, sculpture voisine de celle de la forme codifiée TV 11, Pl. VIII, fig. 5-8.

Fig. 3 : *Concavissimisporites mutabilis* (Döring) *n. comb.* (TV 6).
Dogger inférieur (?) — Bathonien.

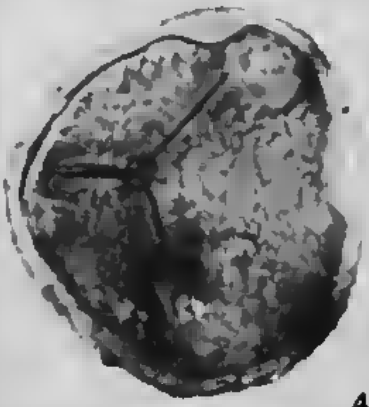
Fig. 4-7 : *Lygodiumsporites sp.* 1 (TV 8).
Dogger inférieur (?) — Callovo-Oxfordien (?).
5, apparence d'un reticulum inverse en microscopie photonique.
6, exine bosselée.

Fig. 1, 3, 4, 5, 6 : grandissement × 1000.
Fig. 2, 7 : grandissement × 5000.

Source : MNHN, Paris

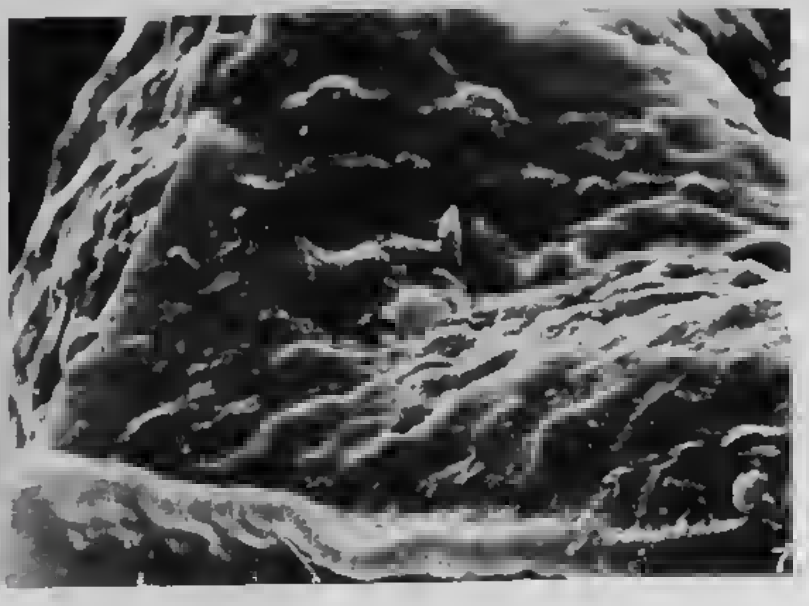

1

3


4

5

6


7

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XV

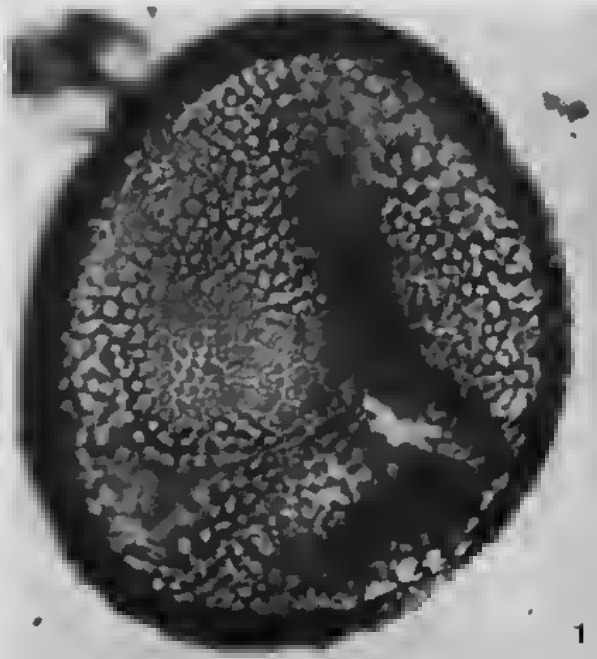
Fig. 1-3 : *Verrucosisporites sp. 2* (TV 13).
Dogger inférieur (?) — Kimméridgien.
1, 2, grande forme à petites verrues.
3, petite forme à grandes verrues.

Fig. 4 : *cf. B. Lygodioisporites perverrucatus* Couper (TV 31).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 5 : *Trilites sp. 2* (TV 46).
Bathonien — Callovo-Oxfordien (?).
5, éléments de sculpture sinueux et anastomosés.

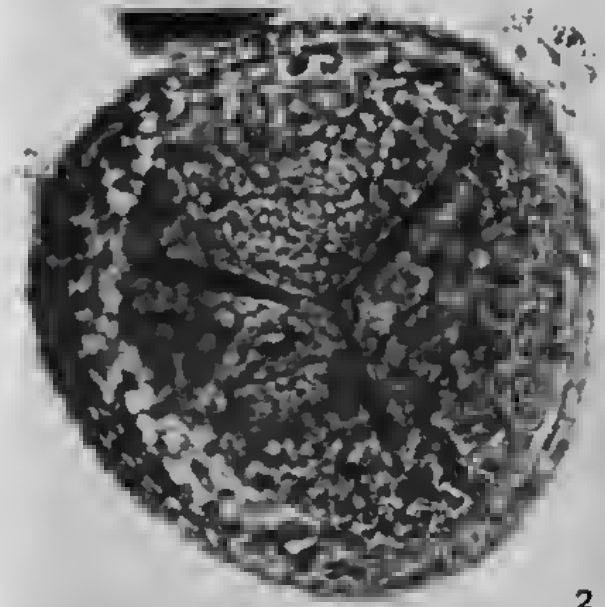
Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris

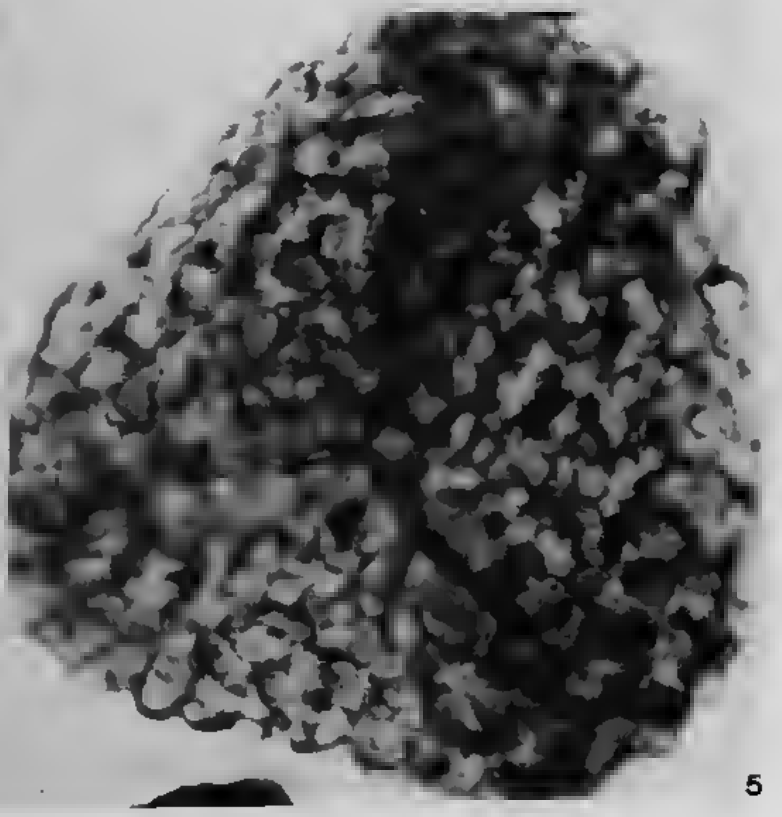


1

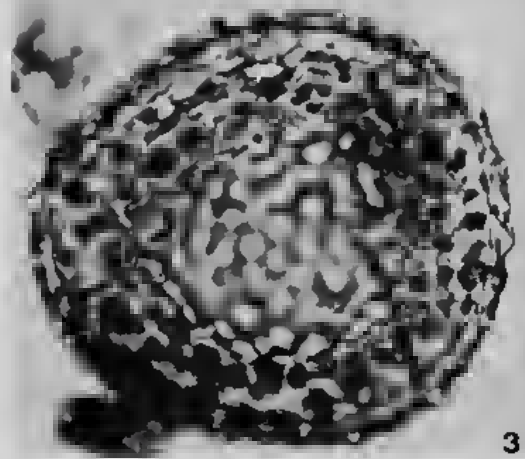
4



2



5



3

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVI

Fig. 1-3 : *cf. Neoraistrickia 1* (TV 54).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

1, spécimen de petite taille à bacules en forme de pilier moyennement serrés.

2, 3, spécimens de taille plus grande à bacules en forme de pilier et bourgeonnants, très serrés.

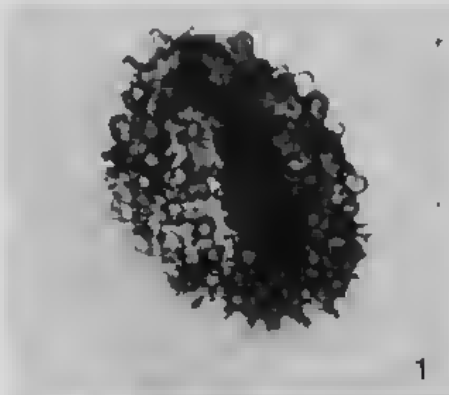
Fig. 4-6 : *cf. Lycopodiacidites 1* (TV 50).

4, 5, partie proximale peu ornementée, laesurae au sommet d'une crête, partie proximale bombée et très ornementée.

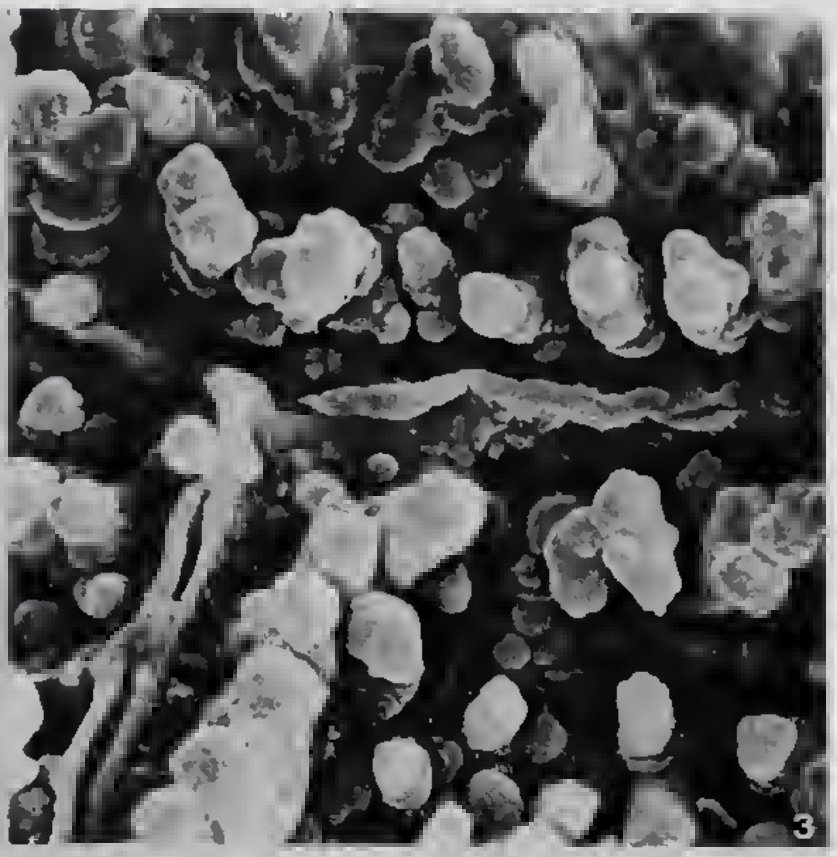
6, éléments de sculpture en forme de bourgeons élevés, tourmentés, irréguliers.

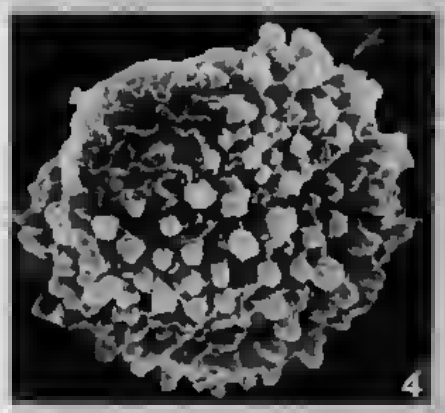
Fig. 1, 2, 4, 6 : grandissement × 1000.
Fig. 3, 5 : grandissement × 5000.

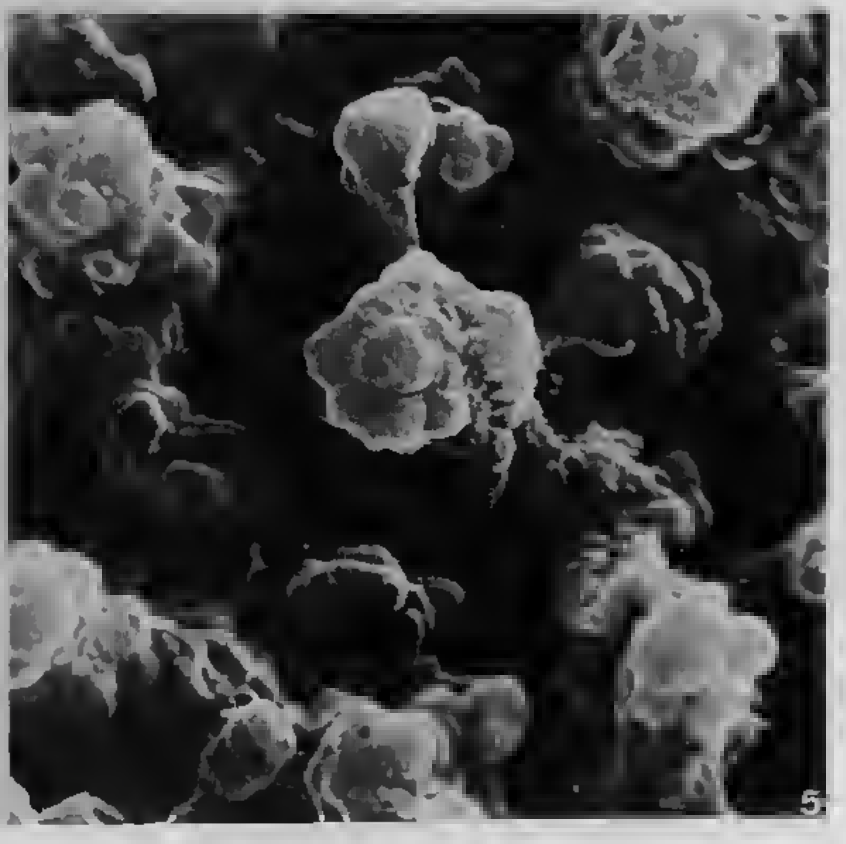
Source : MNHN, Paris


1

2


3


4


5

6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVII

Fig. 1-2 : *cf. A. Hymenozonotriletes mesozoicus* Pocock (TVZ 1).
Néocomien.

Fig. 3 : *Trilites sp. 3* (TB 1).
Albien.

Fig. 4 : *Bullasporis sp. 1* (TB 2).
Callovien — Néocomien.

Fig. 5 : *cf. Costaspora.*
Carbonifère (remaniées).

Fig. 6-8 : *cf. Emphanisporites.*
Dévonien (remaniées).

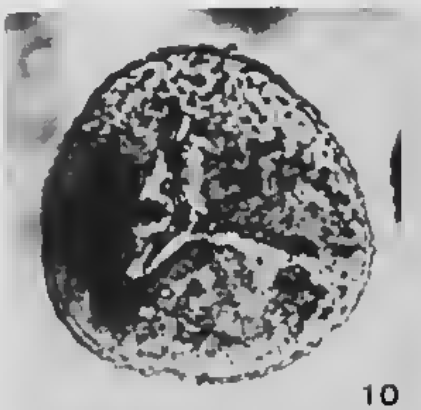
Fig. 9 : *cf. B. Trilites comaumensis* Cookson (Tg 4).
Jurassique supérieur (?).

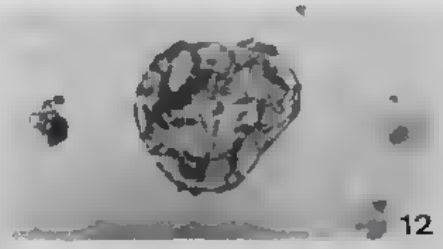
Fig. 10-11 : *cf. C. Osmundacidites wellmannii* Couper (Tg 5).
Jurassique supérieur — Néocomien.

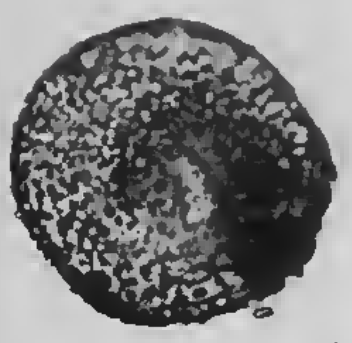
Fig. 12 : *cf. C. Combaculatisporites cretaceus* Deak (Tg 7).
Aptien.

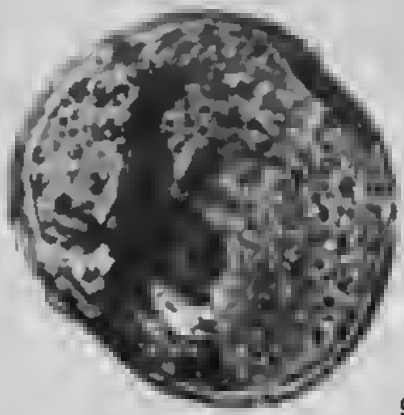
Toutes les figures : grandissement × *1000.*

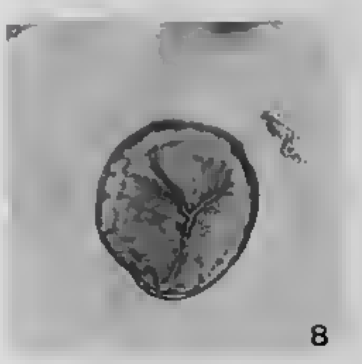
Source : MNHN, Paris


10

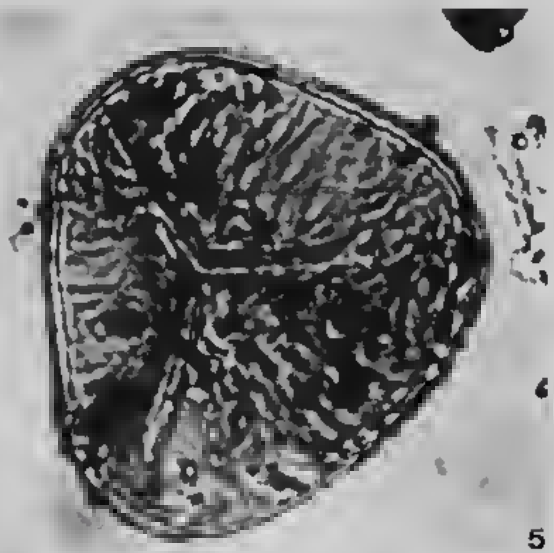

12

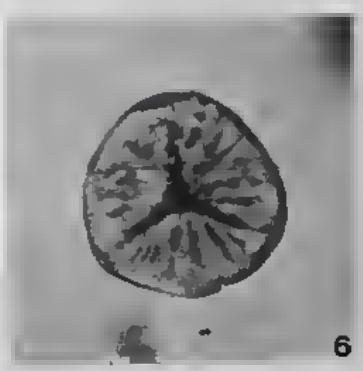

11


9


8

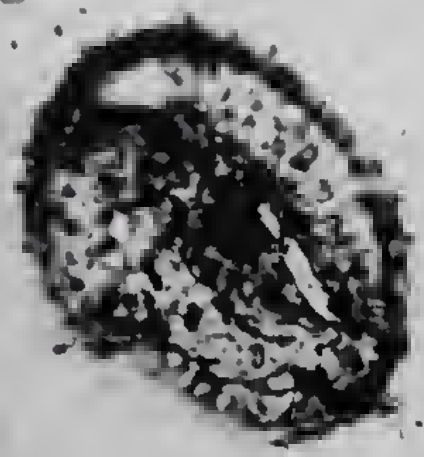
7

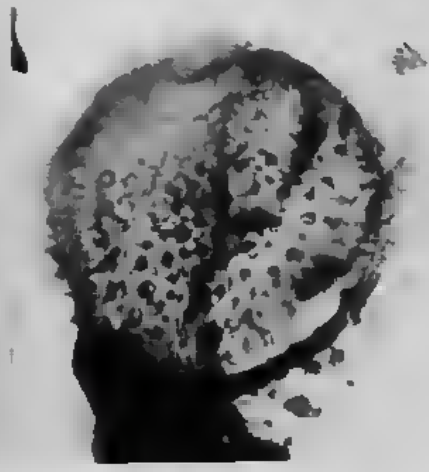

5


6

3

4


2


1

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XVIII

Fig. 1-2 : *Concavissimisporites sp. 1* (Tg 9).
Lias — Kimméridgien.

Fig. 3-4 : *cf. B. Granulatasporites granifer* Leschik (Tg 12).
Salifère principal — Niveau B.
3, spécimen de petite taille (18 µ) : pollen inaperturé ?
4, spécimen de taille moyenne (33 µ) : présence de laesurae incertaine.

Fig. 5 : *cf. B. Reticulatisporites castellatus* Pocock (TR 4).
Bathonien — Barrémien.

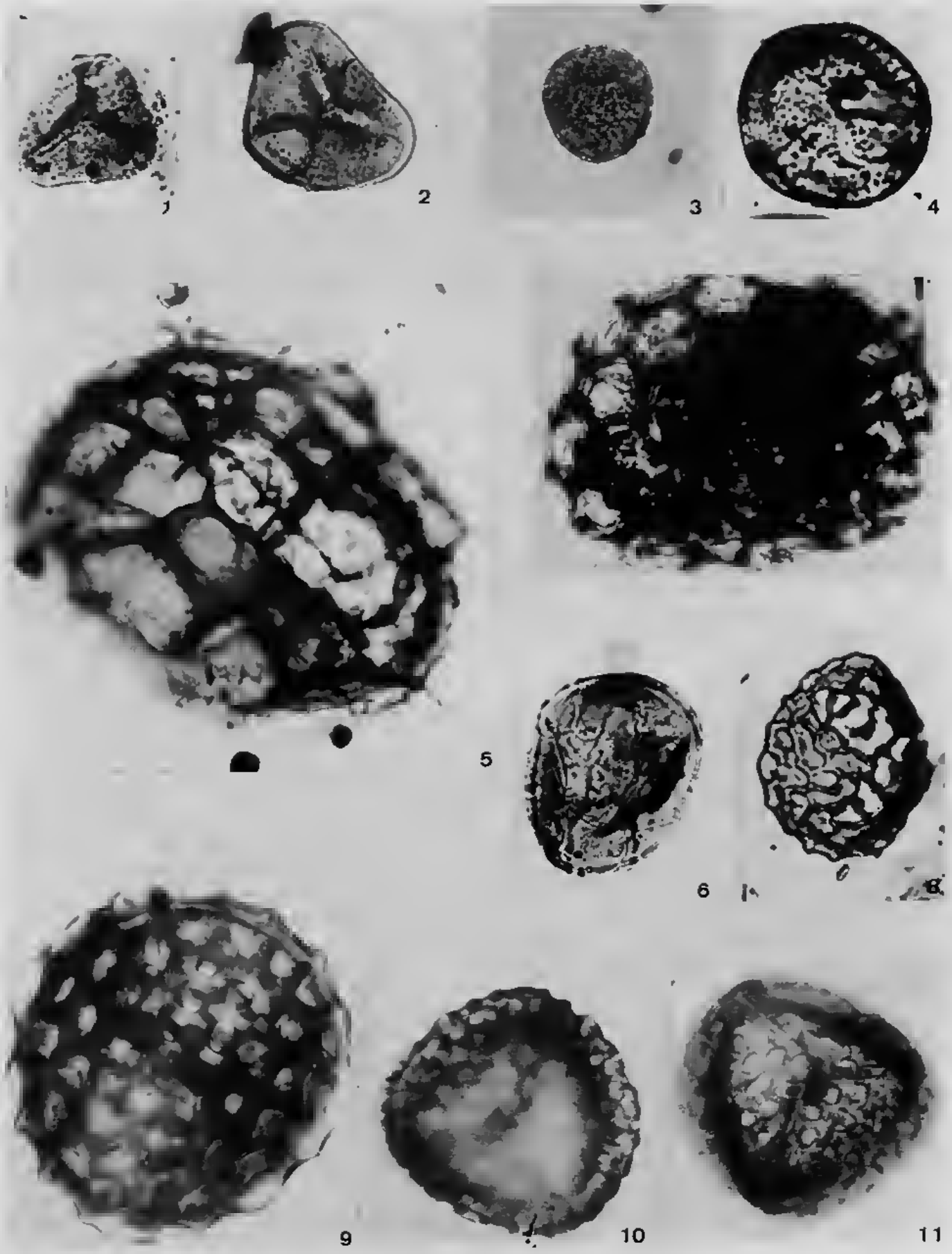
Fig. 6-8 : *Retitriletes sp. 1* (TR 1).
Lias moyen (?) — Crétacé inférieur.

Fig. 7 : *cf. Reticulisporites.*
Bathonien — Callovien (?).

Fig. 10-11 : *Reticulisporites sp. 2.*
Lias-Dogger inférieur à Callovien (?).
10, mise au point sur le contour équatorial.
11, mise au point sur le pôle proximal : présence du reticulum.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XIX

Fig. 1 : Organisme *incertae sedis* réticulé (alvéoles polygonales) : spore ou microsporange ?
Jurassique supérieur.

Fig. 2 : Spore trilète à rugules sinueuses et irrégulières *cf. Knoxisporites* Potonié et Kremp.
Bathonien — Kimméridgien (rares : remaniées ?).

Fig. 3-5 : *cf. C. Cicatricosisporites dunrobinensis* Couper (TU 4).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

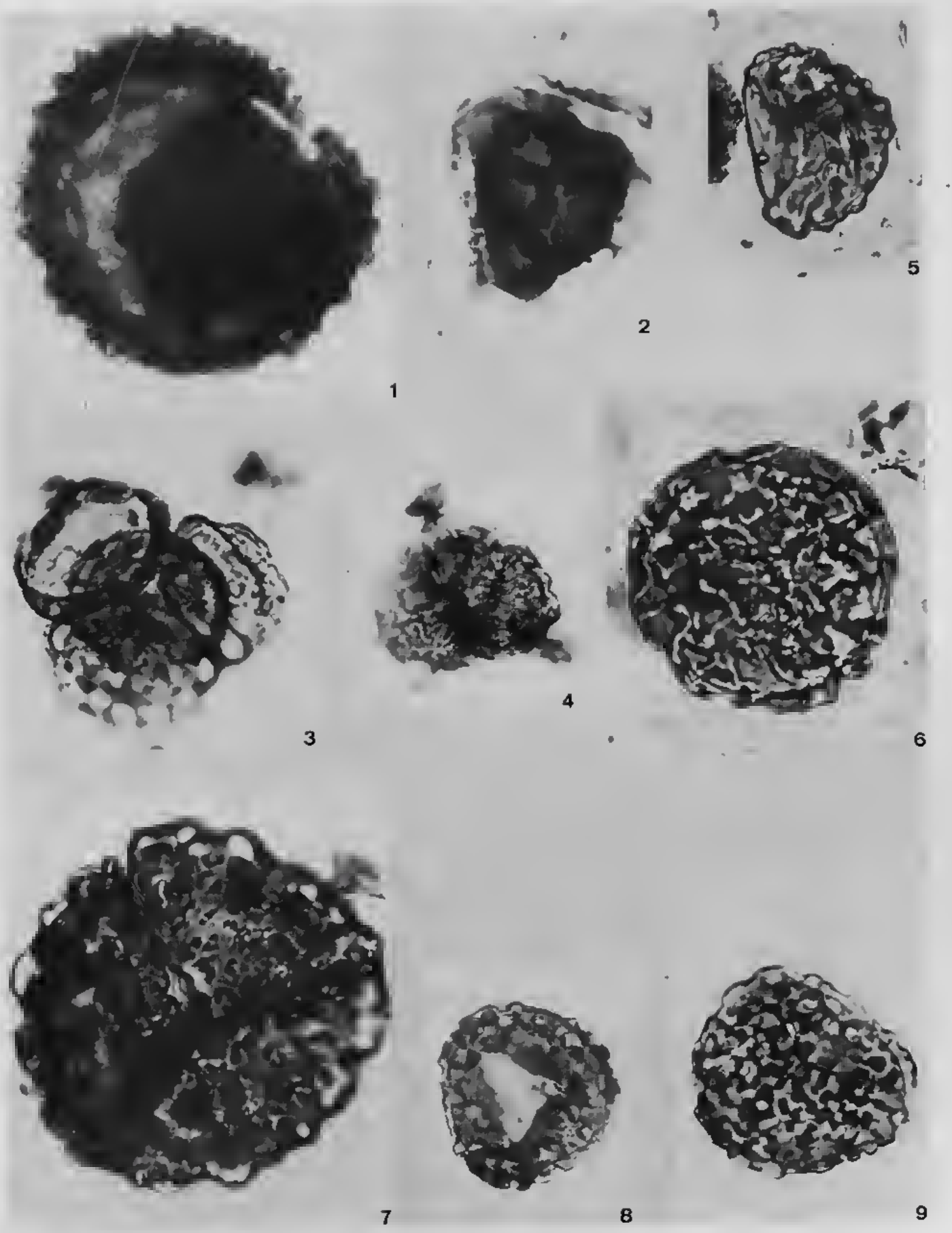
3, tétrade de taille moyenne.
4, tétrade de petite taille.
5, partie proximale pyramidale lisse ; partie distale bombée, parcourue de rugules sinueuses.

Fig. 6-7 : *cf. A. Ischyosporites scaberis* Cookson et Dettmann (TU 7).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 8-9 : *Ischyosporites sp. 1* (TU 10).
Dogger (?) — Kimméridgien.

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XX

Fig. 1 : *cf. B. Pilosisporites trichopapillosus* (Thiergart) Delcourt et Sprumont (TP 4).
Callovien — Crétacé inférieur.

Fig. 2 : Organisme à élatères ?
Néocomien.

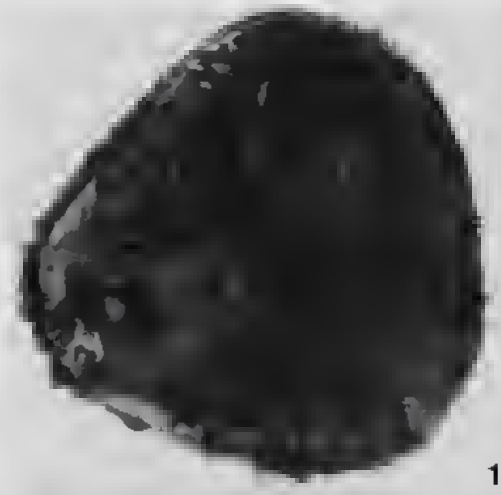
Fig. 3 : *cf. B. Echinatisporis fsp. A* Krutzsch (TP 8).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 4-5 : *Baculatisporites pileolus* (Delcourt et Sprumont) *n. comb.* (TP 2).
Bathonien — Kimméridgien.

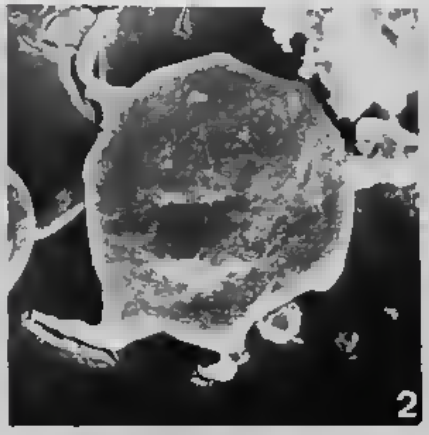
Fig. 6-7 : *Echinatisporis sp. 1* (TP 5).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris



1

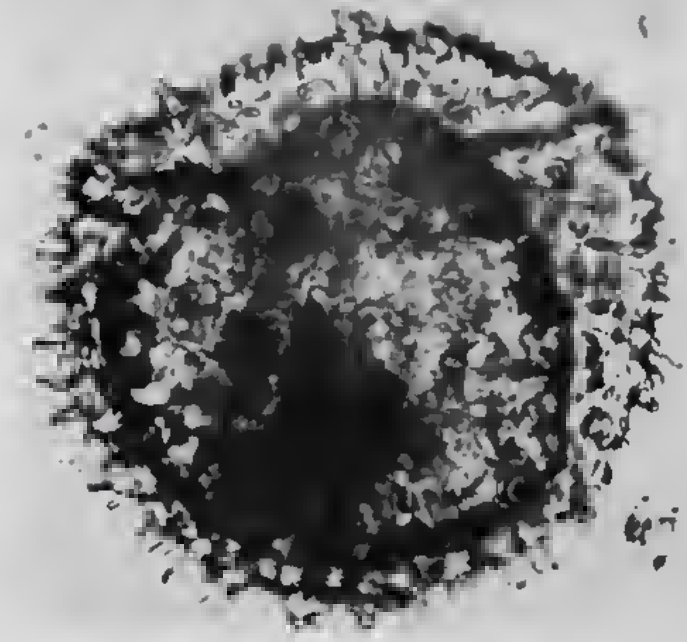


2

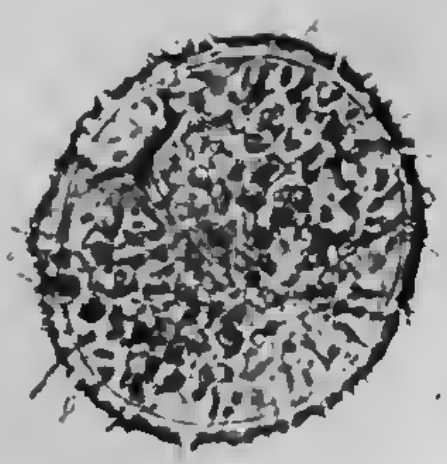
4

3

5



7



6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXI

Fig. 1 : *cf. B. Pustechinosporis pustechinus* Krutzsch (TP 7).
Bathonien — Oxfordien (?).

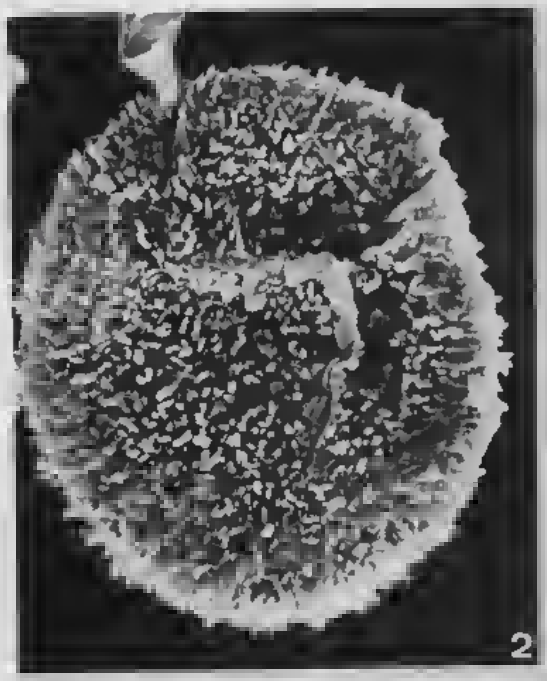
Fig. 2-3 : *Pilosisporites sp. 1* (TP 13).
Bathonien.
2, grande densité de la sculpture.
3, laesurae sinueuses bordées d'un pincement de l'exine ; baculae souples à l'extrémité arrondie.

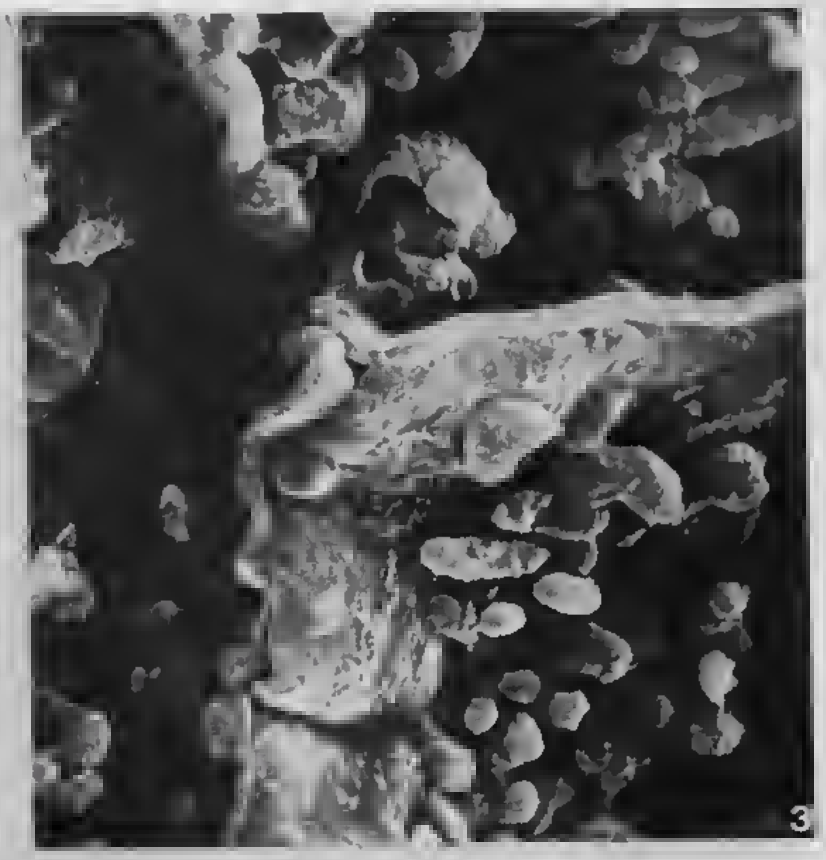
Fig. 4-5 : *Pilosisporites sp. 2.*
Néocomien (?).
5, détail de la sculpture : poil flexible muni d'un renflement basal.

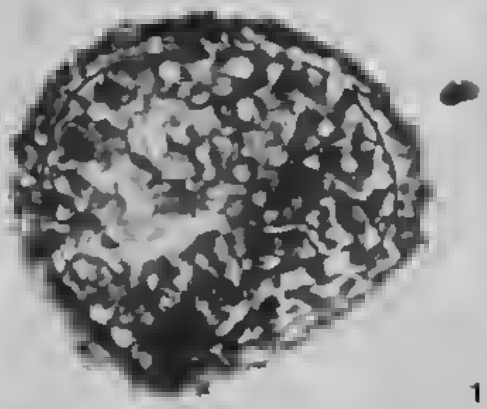
Fig. 1, 2, 4 : grandissement × 1000.

Fig. 3, 5 : grandissement × 5000.

Source : MNHN, Paris







1

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXII

FIG. 1 : *cf. C. Schizaesporites pseudorogensis* (TC 3).
Albien.

FIG. 2 : *Cicatricosisporites cf. Aneimia tripartita* Bolchovitina (TC 4).
Jurassique supérieur — Albien.

FIG. 3 : *cf. Cicatricosisporites S CI 40* Jardiné et Magloire (TC 6).
Albien.

FIG. 4-5 : *Cicatricosisporites cf. Aneimia pseudaurifera* Bolchovitina (TC 9).
Kimméridgien (?) — Crétacé inférieur.

FIG. 6 : *Cicatricosisporites sp. 1* (TC 16).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

FIG. 7-8 : *cf. C. Cicatricosisporites recticicatricosus* Döring (TC 19).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

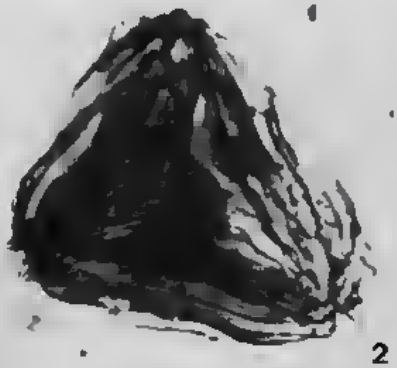
FIG. 9-10 : *Cicatricosisporites sp. 3* (TC 7).
Bathonien — Kimméridgien.

FIG. 11-12 : *Cicatricosisporites sp. 4* (TC 10).
Crétacé inférieur (?) — Barrémien.

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris

1

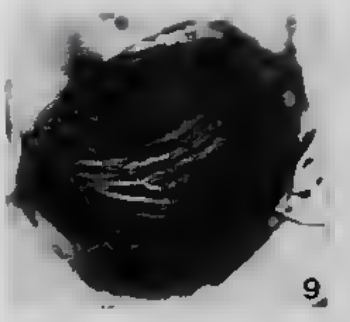

2

3

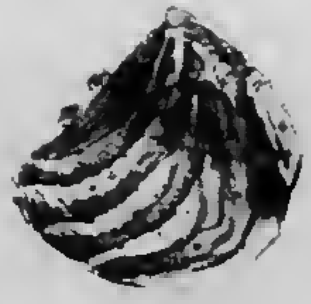
4

5

6


9

12


11

7

10

8

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXIII

Fig. 1-3 : *cf. B. Cicatricosisporites magnus* Döring (TC 20).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

1, mise au point sur la face distale.
2, mise au point sur la face proximale.
3, vue interne des lèvres des laesurae et disposition latéro-distale des muri (sculpture positive : bandes de section semi-circulaire).

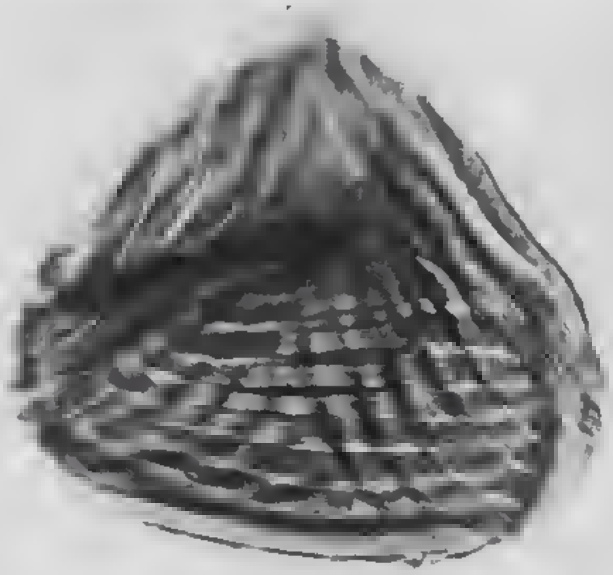
Fig. 4-5 : *Cicatricosisporites sp. 2* (TC 24).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

Fig. 6 : *cf. B. Trilites annulata* Cookson (TLZ 2).
Kimméridgien (?) — Crétacé inférieur.

Fig. 7 *Cicatricosisporites sp. 5* (TC 18).
Jurassique supérieur — Crétacé inférieur.

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



1

2

3

5

7

6

4

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXIV

Fig. 1 : *Apiculatisporites sp. 1.*
Barrémien.

Fig. 2-3 : *cf. C. Apiculatisporis jurassicus* Schulz.
Bathonien — Jurassique supérieur.

Fig. 4-6 : *cf. C. Apiculatisporis spiniger* Leschik.
Infralias — Sinémurien (?).
4, marque trilète non visible.
5, sculpture assez dense.
6, épines coniques irrégulières.

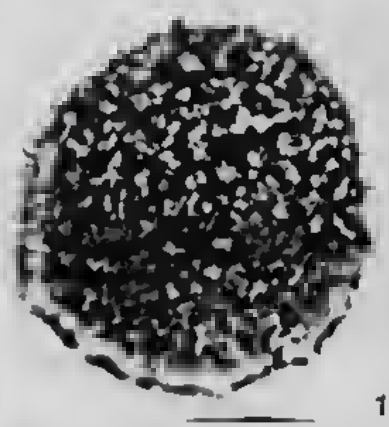
Fig. 7 : *cf. B. Levigatosporites discordatus* Pflug (ML 2).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

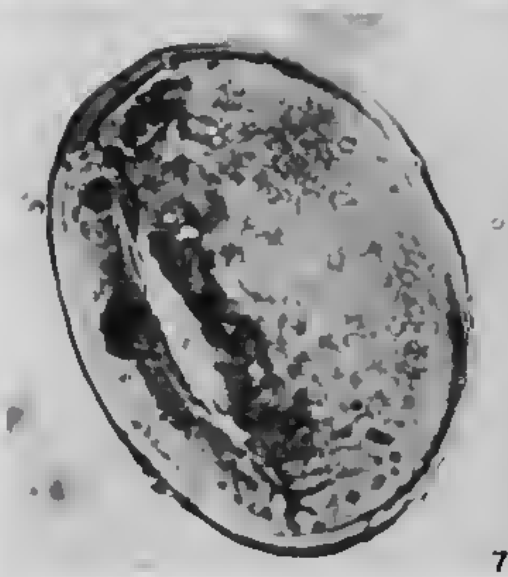
Fig. 8 : *cf. Peromonolites* Couper (ML 3).
Trias moyen (?) — Lias inférieur (?).

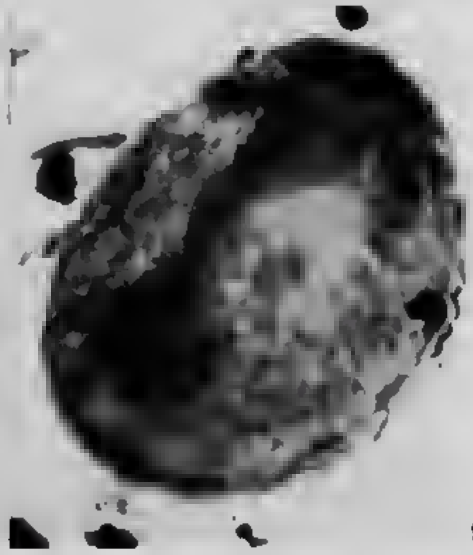
Fig. 9 : *Polypodiisporites sp. 1* (MV 0).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 : grandissement × 1000.
Fig. 3, 6 : grandissement × 5000.

Source : MNHN, Paris







Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXV

Fig. 1-2 : *cf. C. Schizea punctata* Cookson (MV 8).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.
1, spécimen à microverrues de 1 µ également réparties ; leasura : 3/4 de l'axe longitudinal.
2, spécimen à microverrues de 0,5 µ groupées en îlots de sculpture ; laesura : 1/2 de l'axe longitudinal.

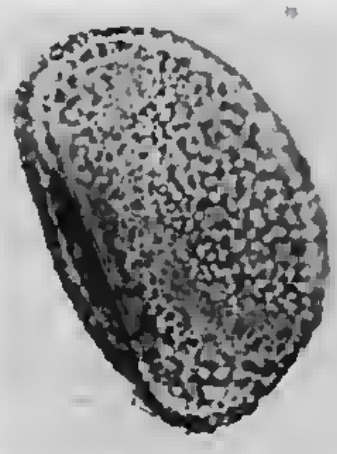
Fig. 3-4 : *Polypodiisporites sp. 2* (MV 2).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Fig. 5, 7 : *Verrucatosporites sp. 1* (MV 1).
Bathonien — Kimméridgien.

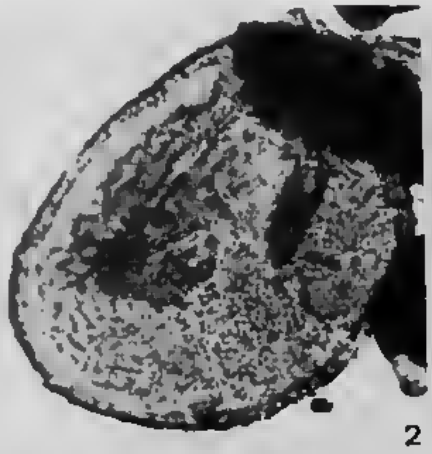
Fig. 6 : Spore monolète à rugulae (MV 7).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Toutes les figures ; grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



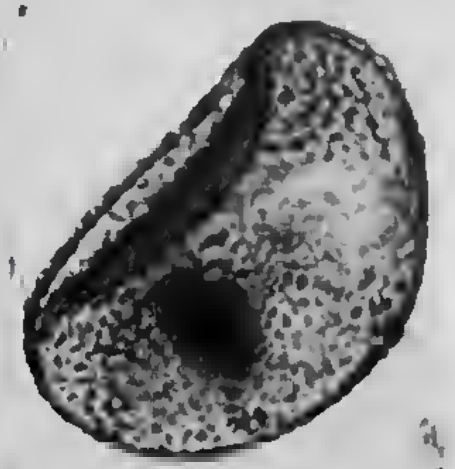
1



2

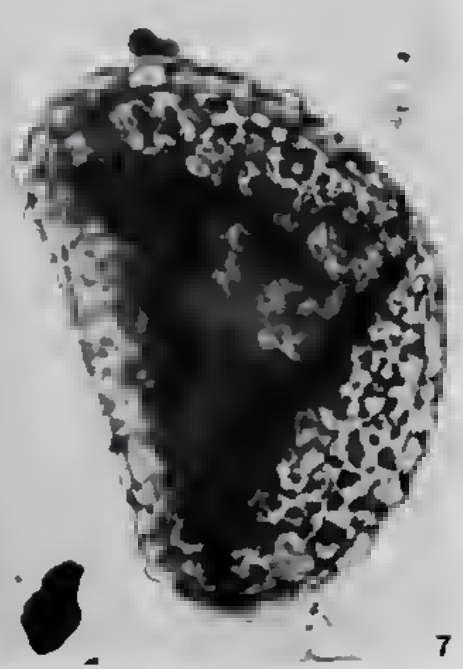
5

4



3

6



7

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXVI

Fig. 1-5 : *cf. A. Inaperturopollenites dubius* Pflug (IPL 1).
Lias inférieur — Barrémien.
1, vue générale en microscopie électronique à balayage : forme de sac plié.
2, sculpture de l'exine du spécimen de la fig. 1 : simple, rugueuse.
3-5, spécimens à plis concentriques irréguliers.

Fig. 6-9 : *cf. B. Sphaeripollenites elphinstonei* Jansonius (IPL 6).
Sinémurien (?) — Bajocien.
6, 7, spécimens avec fente (aperturale ?).
8, spécimen sans fente et spécimen déchiré.
9, détail en m.e.b. du spécimen fig. 8 : sculpture interne simple mammelonnée à verruqueuse ; sculpture externe presque lisse.

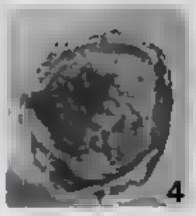
Fig. 10-13 : *cf. C. Sphaeripollenites scabratus* Couper (IPL 5).
Sinémurien (?) — Néocomien.
10-12, remarquer la forme lenticulaire à conchoïdale.
13, détail de la sculpture simple isométrique, à peu près isodiamétrique, mamelonnée.

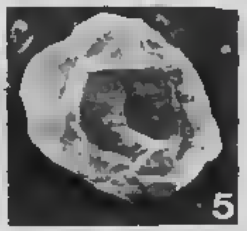
Fig. 14 : *Sphaeripollenites hiatus* (Potonié) (IPL 10).
Bathonien — Néocomien.

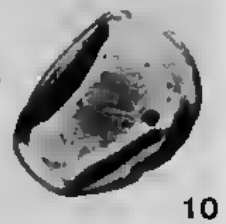
Fig. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14 : grandissement × *1000.*

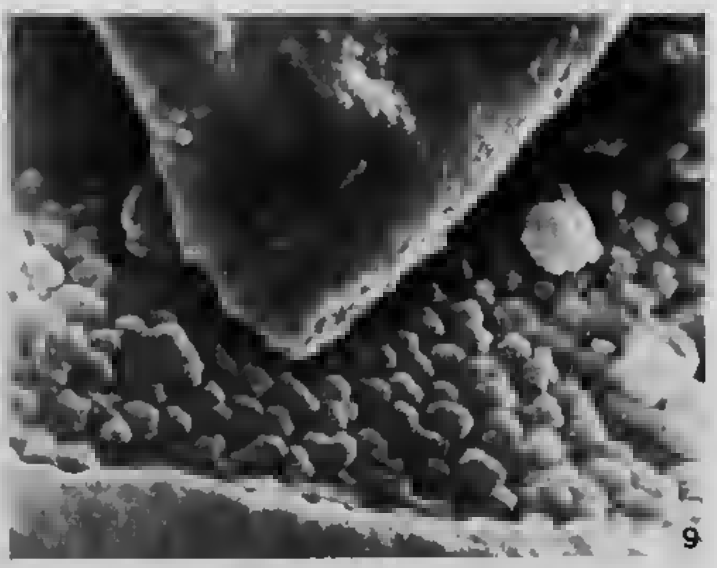
Fig. 2, 9, 13 : grandissement × *10000.*

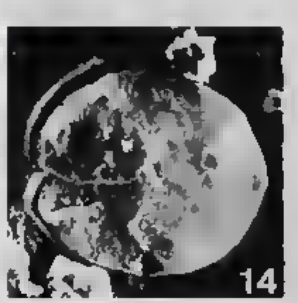
Source : MNHN, Paris

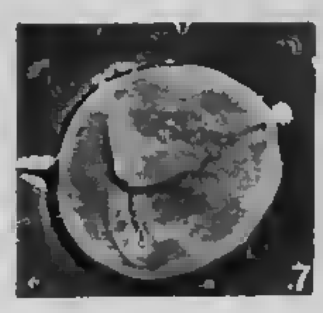












Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXVII

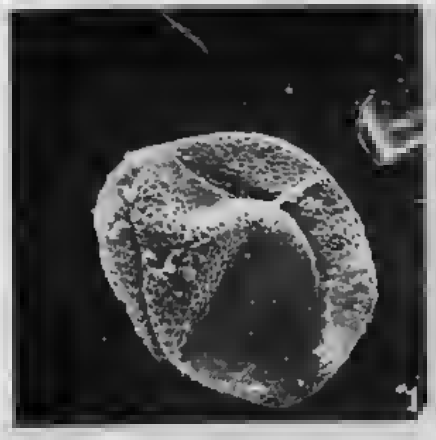
Fig. 1-2 : *Tricolpites sp. 1* (3 CL 6).
Barrémien — Sènonien.
1, spécimen déformé, aplati, très caractèristique.
2, couche externe de l'exine en forme de grille.

Fig. 3-7 : *Taxacites sahariensis n. sp.* (IPG 7).
Sinèmurien (?) — Nèocomien.
3, vue en microscopie photonique.
4, spécimen à sculpture relativement bien conservèe.
5, spècimen à pseudo-pore.
6. (à droite) — 7, holotype en microscopie électronique à balayage.

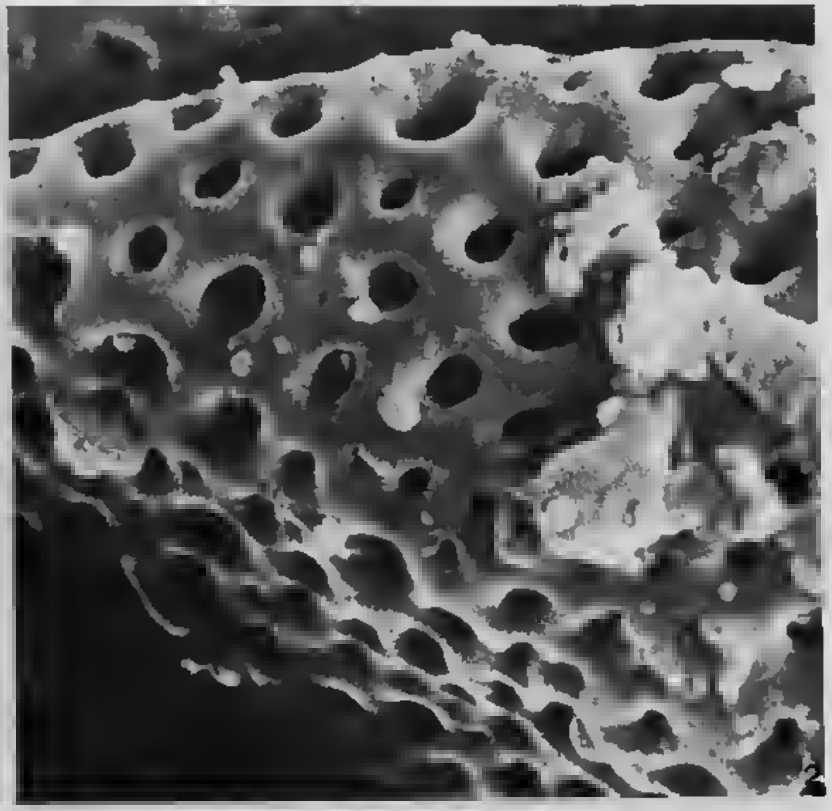
Fig. 1, 3, 4, 5, 6 : grandissement × 1000.

Fig. 2, 7 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris



3



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXVIII

Fig. 1, 2, 8 : *Inaperturopollenites sp. 2* (IPG 1).
Lias-Dogger inférieur.
2, sculpture à verrues et rugules.

Fig. 3 : *Inaperturopollenites sp. 1* (IPL 9).
Niveau B (Sinémurien ?) — Cénomanien.
Remarquer l'exine lâchement intraponctuée.

Fig. 4-7 : *Araucariapollenites liasicus n. sp.* (IPG 6).
4, spécimen de petite taille : le pore central est un artefact de microscopie photonique.
5, spécimen de taille moyenne vu en microscopie photonique.
6, holotype en microscopie électronique à balayage.
7, sculpture crépie isomorphe, hétérométrique à glomérules (holotype).

Fig. 1, 3, 4, 5, 6, 8 : grandissement × 1000.

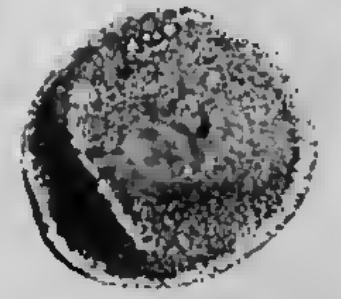
Fig. 2, 7 : grandissement × 10000.

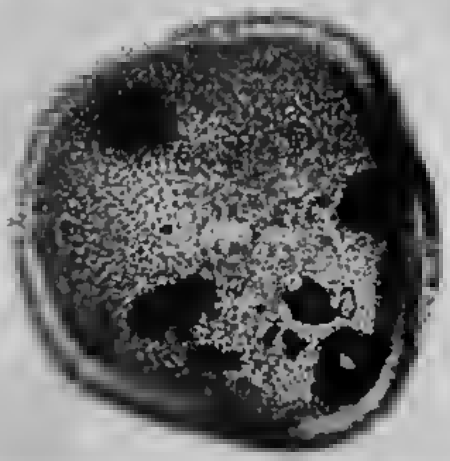
Source : MNHN, Paris

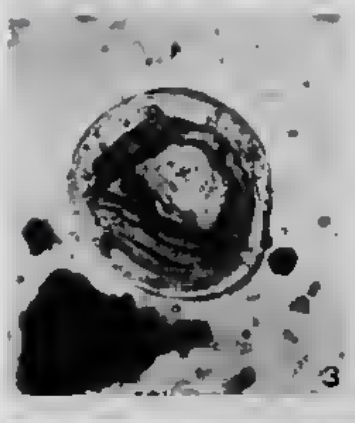
1

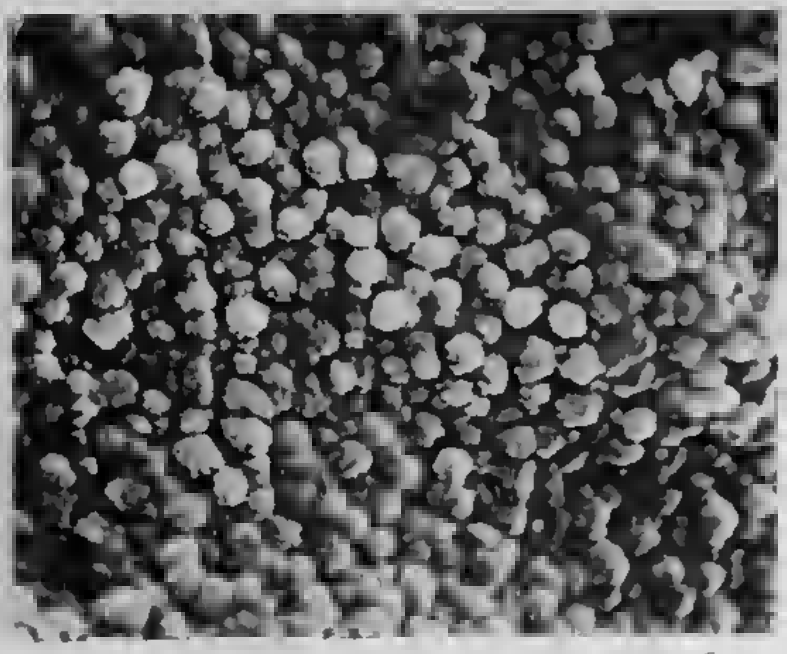
2

8


4


5


3



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXIX

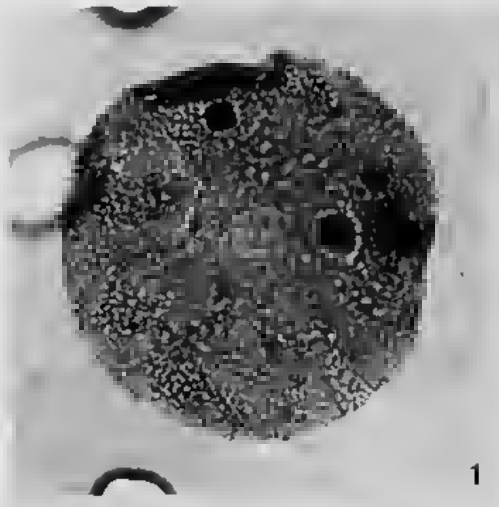
Fig. 1-3 : *Araucariapollenites hungaricus* (Deak) n. comb. (IPG 21).
Barrémien — Albien.
1, vue en m.p. : exine très fine.
2, spécimen aplati en galette et replié.
3, sculpture crépie isomorphe hétérométrique à gemmules dont la partie terminale est en forme de boule.

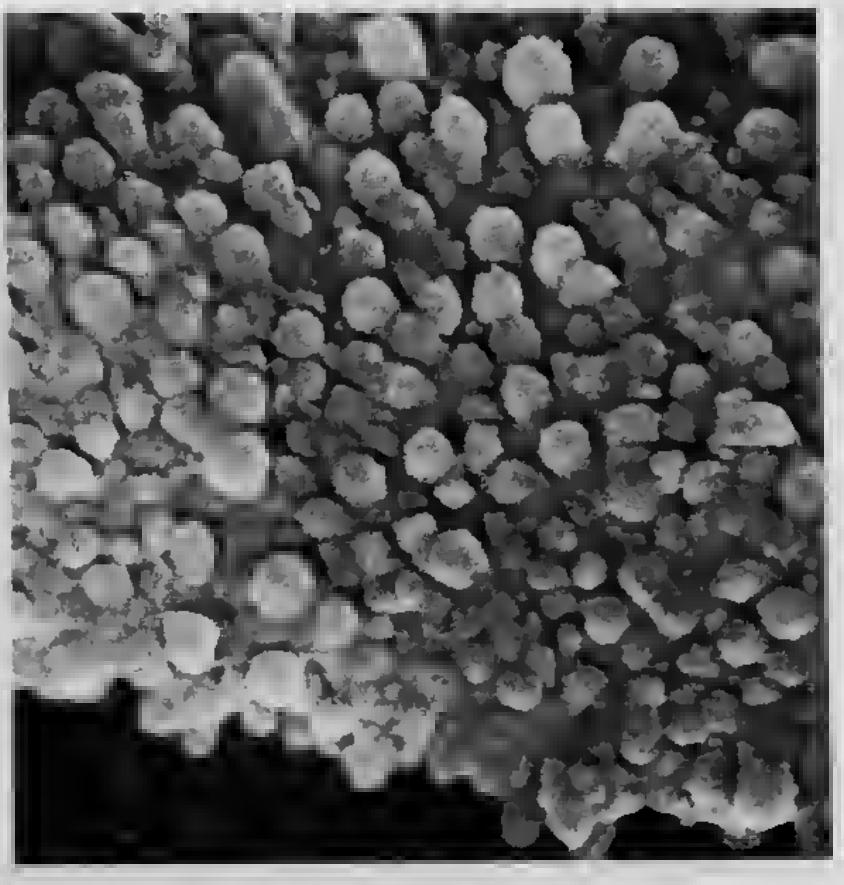
Fig. 4-6 : *Cupressacites oxycedroïdes n. sp.* (IPG 8).
Lias moyen ? — Néocomien.
1, spécimen en microscopie photonique.
2, holotype en microscopie électronique à balayage.
3, sculpture de l'holotype, double hétéromorphe, hétérométrique à mamelons et glomérules ; aperture trilète (laesurae : 3 µ).

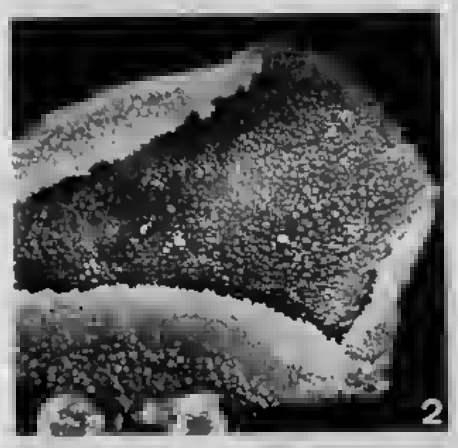
Fig. 1, 2, 4, 5 : grandissement × 1000.

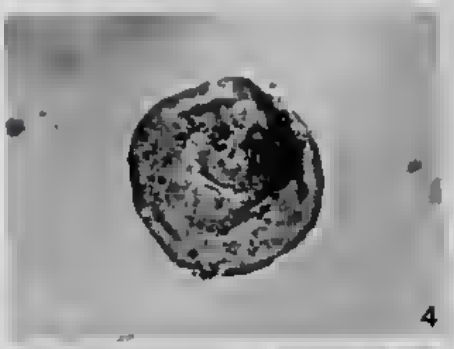
Fig. 3, 6 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris

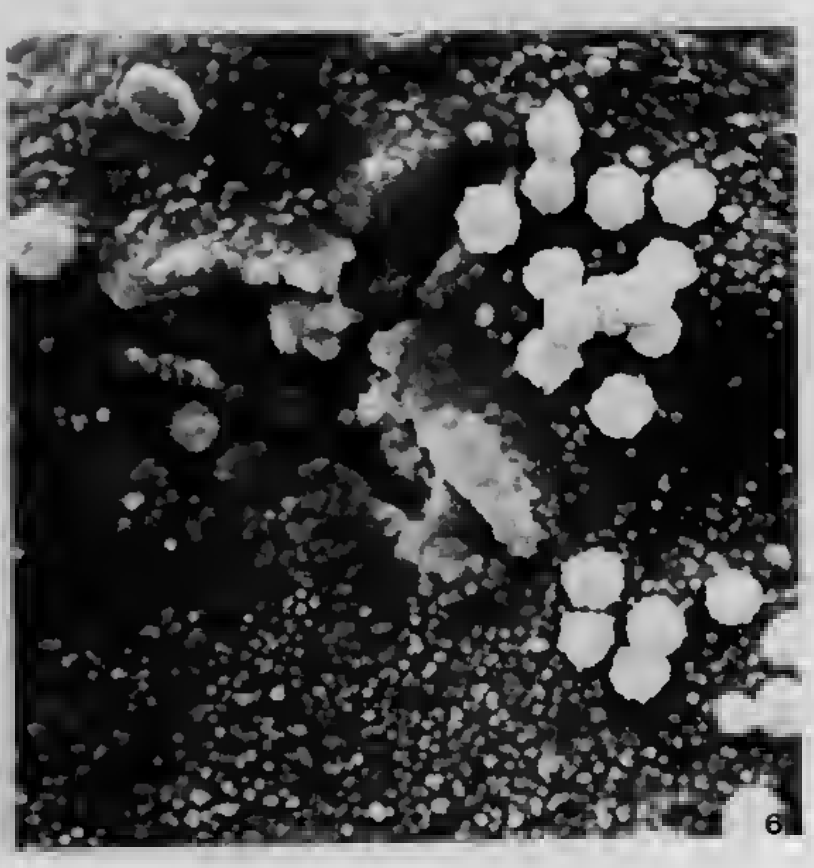

1




2


4

5


6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXX

Fig. 1-5 : *Cupressacites oxycedroïdes n. sp.* (IPG 8).
Lias moyen (?) — Néocomien.
1, 4, spécimens de grande taille (38 µ).
2, spécimen muni d'un pore.
3, détail du premier niveau de sculpture du spécimen de la fig. 2.
5, tétrade.

Fig. 6-7 : *Cupressacites sp. 1* (IPG 13).
Sinémurien (?) — Bathonien.

Fig. 8-9 : *Cupressacites sp. 2* (IPG 12).
Lias-Dogger inférieur.

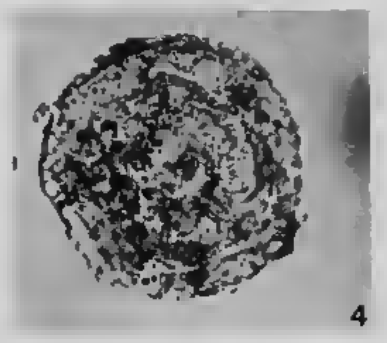
Fig. 10 : Pollen de grande taille (60 µ) à la sculpture type *Cupressacites*.
Bathonien (rare).

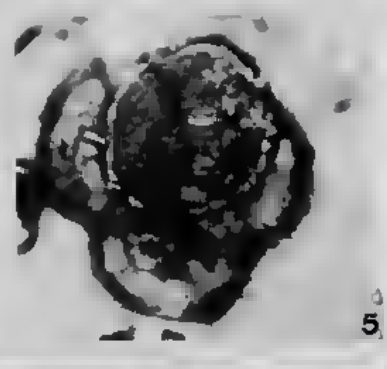
Fig. 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10 : grandissement × 1000.
Fig. 3, 9 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris

1

2


4


5

6

7

10

9

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXI

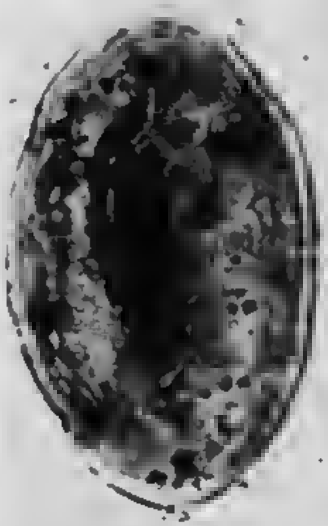
Fig. 1 : *Leiolates sp. 1* (IPL 3).
Barrémien — Cénomanien.

Fig. 2-5 : *cf. B. Inaperturopollenites giganteus* Góczán (IGL 10).
Néocomien — Albien.
5, sculpture simple vermiculée - cérébroïde du spécimen de la fig. 4.

Fig. 6-7 : *cf. Inaperturopollenites* (IPL 8).
Aptien — Albien.

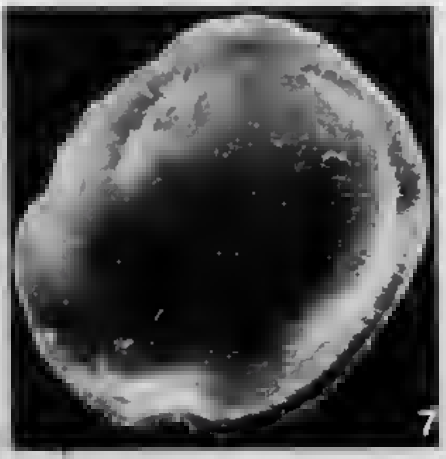
Fig. 1, 2, 3, 4, 6, 7 : grandissement × *1000.*
Fig. 5 : grandissement × *10000.*

Source : MNHN, Paris



1

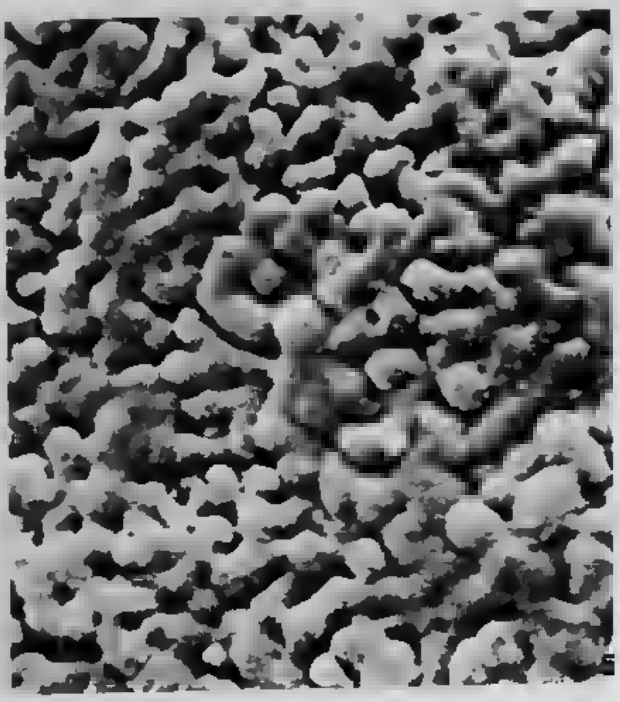
6

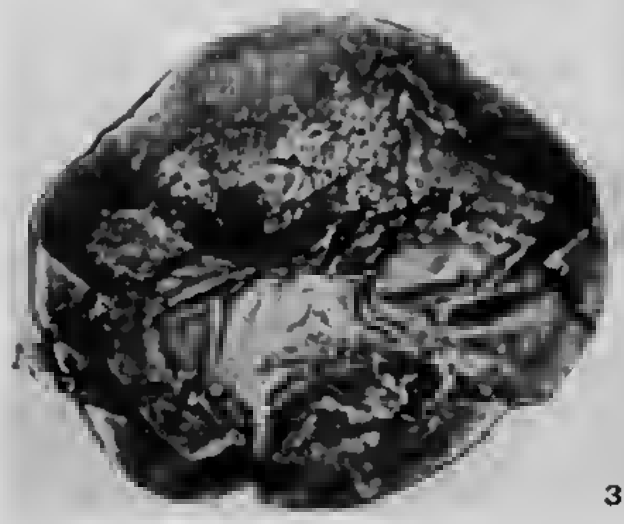


7

4

2





3

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXII

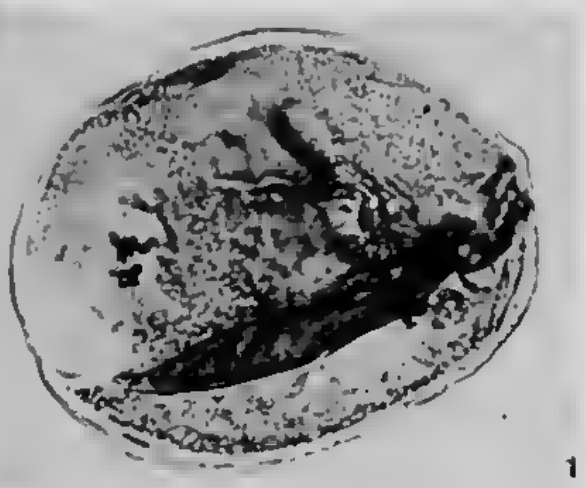
FIG. 1-G : *Araucariapollenites pseudoaustralis n. sp.* (IGL 9).
Bathonien (groupe photonique : Lias inférieur (?) — Albien).
1, spécimen vue en microscopie photonique.
2, holotype en microscopie électronique à balayage.
6, sculpture de l'holotype, crépie isomorphe, hétérométrique à grains arrondis ou anguleux.
3, 4, spécimen à la sculpture usée ou empâtée.

Fig. 1, 2, 3, 5 : grandissement × 1000.

Fig. 4, 6 : grandissement × 10000.

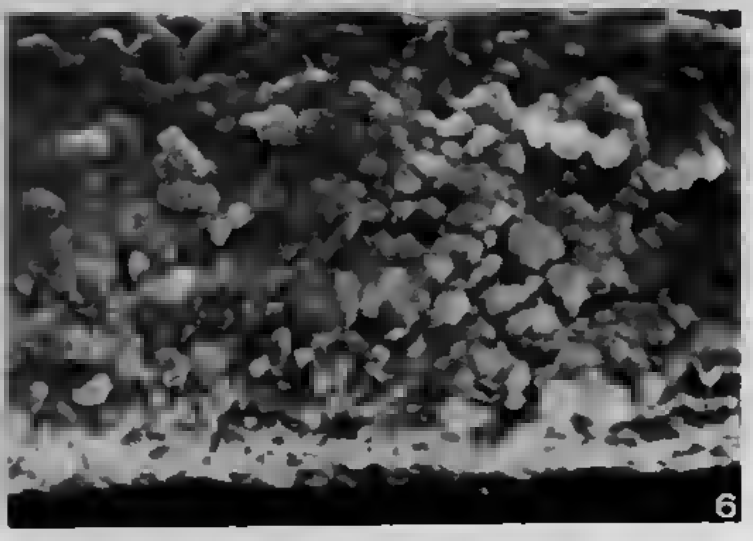
Source : MNHN, Paris

3



1

2



6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXIII

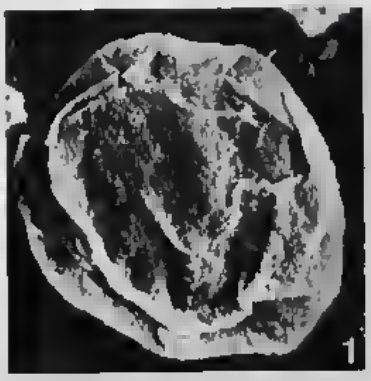
Fig. 1-2 et 6-8 : *cf. C. Inaperturopollenites desquamatus* Goubin (IPL 17).
Sinémurien (?) — Callovien (?).
1, 2, spécimen de faible taille (43 µ) à la sculpture à petites bosses (Callovien ?).
6, 7, 8, spécimens de grande taille (75 µ) à la sculpture à grandes bosses (Lias moyen ?).

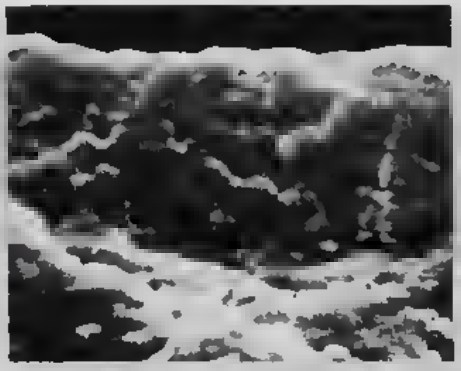
Fig. 3-5 : *Araucariapollenites n. sp. 1* (IPL 13).
Lias — Dogger inférieur.
5, sculpture d'apparence crépie à boules ou mamelons ; la finesse de l'exine peut être évaluée sur le pli en relief : 0,7 µ pour deux épaisseurs.

Fig. 1, 3, 4, 6, 7 : grandissement × 1000.

Fig. 2, 5, 8 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris


1

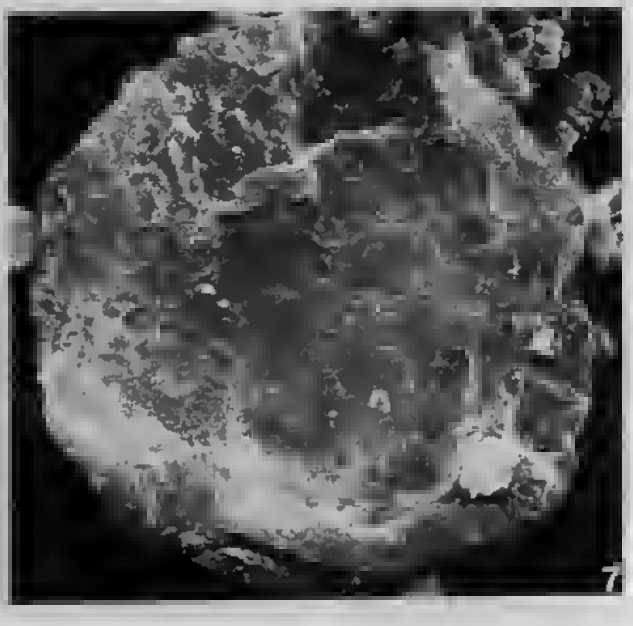


4

3

5

6


7

8

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXIV

FIG. 1-3 : *Inaperturopollenites cf. Araucariacites australis* Cookson (IGP 2).
Bathonien — Barrémien.
3, sculpture hérissée de bâtonnets effilés (échinulée).

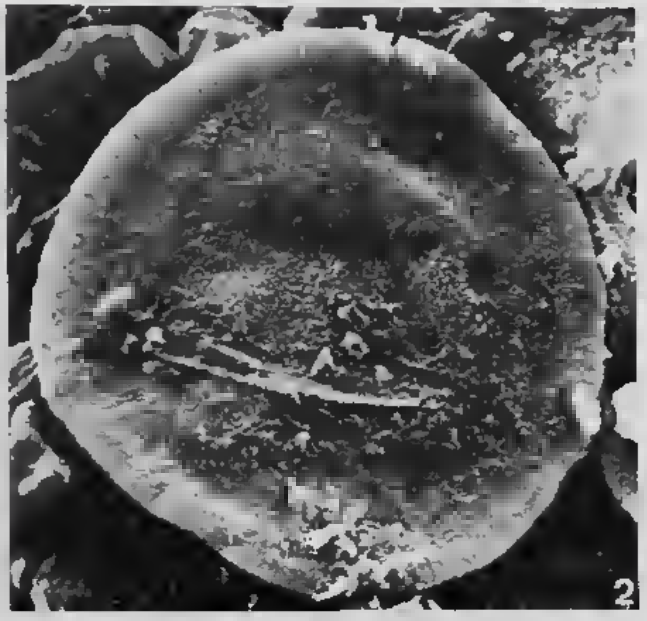
FIG. 4 : *cf. B. Inaperturopollenites atlanticus* J. Groot, J. Penny et G. Groot (IGP 9).
Barrémien — Albien.

FIG. 5-6 : *Araucariapollenites sp. 2* (IGP 17).
Lias — Dogger inférieur.

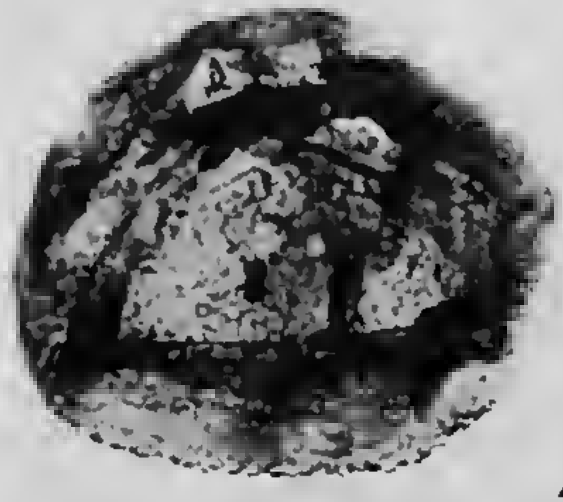
Fig. 1, 2, 4, 5 : grandissement × 1000.
Fig. 3, 6 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris

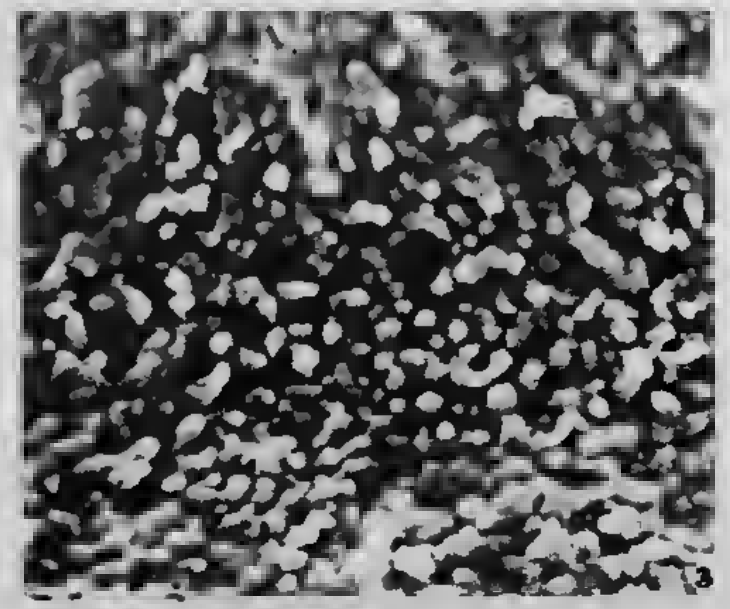
1



2



4



3

5

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXV

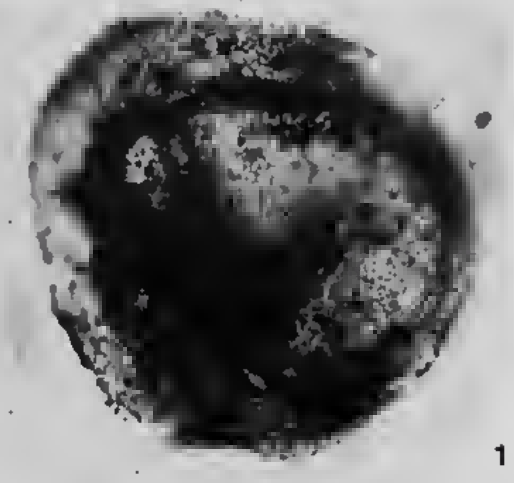
Fig. 1-4 : *Araucariapollenites laffittei* n. sp. (IPG 6).
Lias supérieur (?) — Callovien (?).
1, spécimen vu en microscopie photonique.
2, spécimen montrant un pli périphérique.
3, holotype en microscopie électronique à balayage.
4, sculpture crépie isomorphe hétérométrique à granules à tête verruqueuse.

Fig. 5-6 : *Inaperturopollenites sp. 3* (IGP 3).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien (rare).

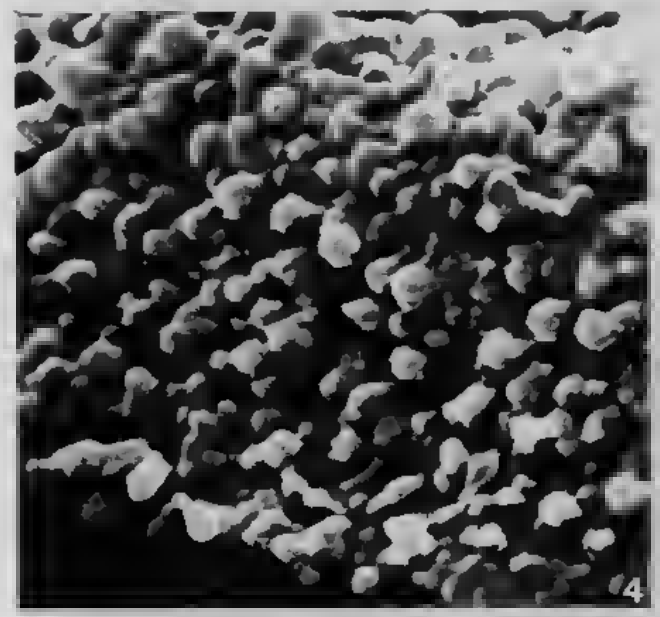
Fig. 1, 2, 3, 5, 6 : grandissement × *1000.*
Fig. 4 : grandissement × *10000.*

Source : MNHN, Paris

3


1

2


4

6

5

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXVI

Fig. 1-3 : *cf. A. Inaperturopollenites turbatus* Balme (IZ 6).
Callovien — Cénomanien.

1, plis irréguliers dessinant une zone sombre grossièrement circulaire.
2, spécimen de forme conchoïdale.
3, sculpture : très petites aiguilles très serrées.

Fig. 4 : Pollen *cf.* ? *Spinaecoronatisporites* Deak.

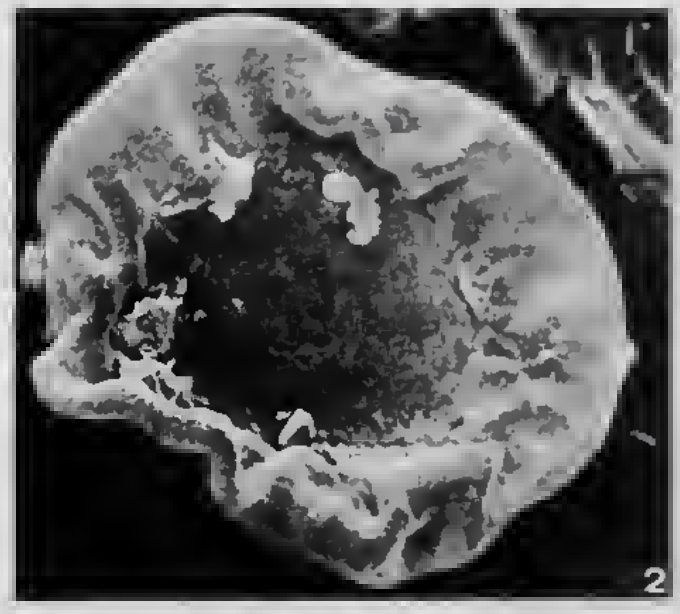
4, trace de marque trilète et plis de l'exine formant un anneau concentrique.

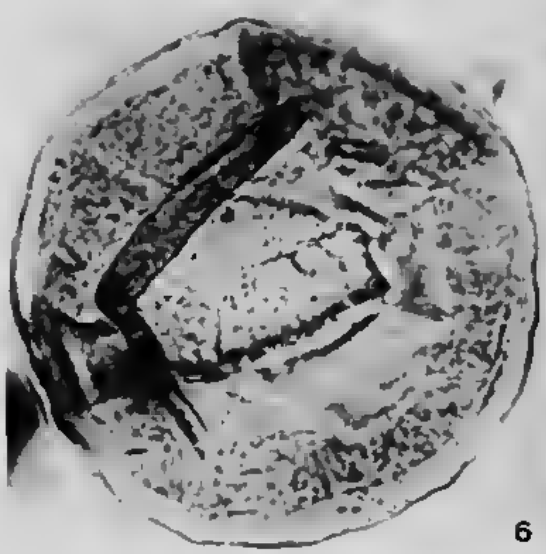
Fig. 5-8 : *cf. B. Inaperturopollenites limbatus* Balme (IZ 10).
Neocomien — Albien.

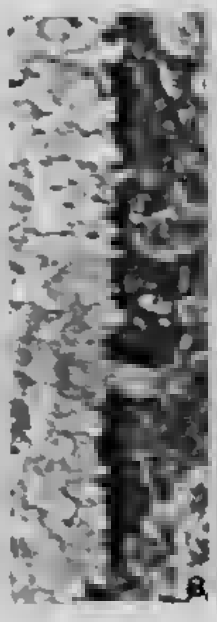
5, 6, exine en deux parties (anneau : 3 μ).
7, zone centrale déprimée limitée par des plis plus ou moins rectilignes.
8, tranche de l'exine au niveau d'un pli délimitant la zone centrale : sculpture rugueuse (éléments de sculpture allongés, irréguliers et anguleux).

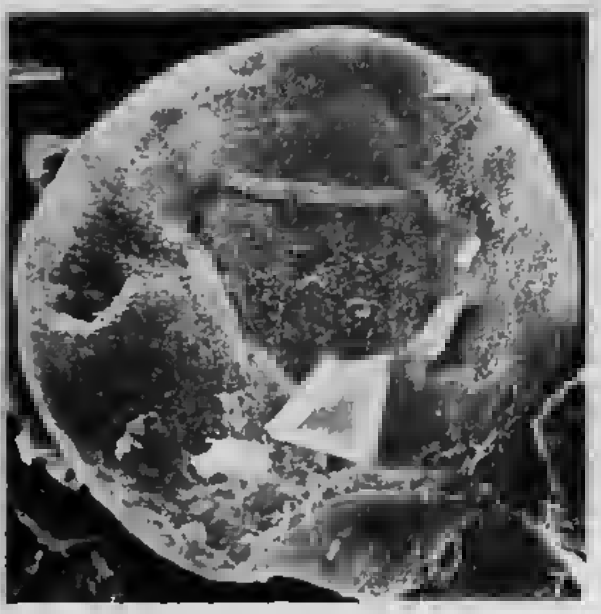
Fig. 1, 2, 4, 5, 6, 7 : grandissement × 1000.
Fig. 3, 8 : grandissement × 10000.

Source : MNHN, Paris









Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXVII

Fig. 1, 3, 4 : *Inaperturopollenites cf. undulatus* Weyland et Greifeld (IZ 16).
Jurassique supérieur — Albien.
1, 3, large zone externe ondulée radialement.
4, sculpture : bâtonnets souples, serrés.

Fig. 2, 6, 7 : *Zonalapollenites sp. 2* (IZ 18).
Infralias — Jurassique supérieur (?).
2, spécimen avec une marque trilète résiduelle.
6, 7, plissements correspondant à l'attache de l'enveloppe autour d'une zone triangulaire centrale.
8, sculpture : bosses verruqueuses.

Fig. 5 : *Zonalapollenites sp. 1* (IZ 14).
Bathonien — Néocomien.

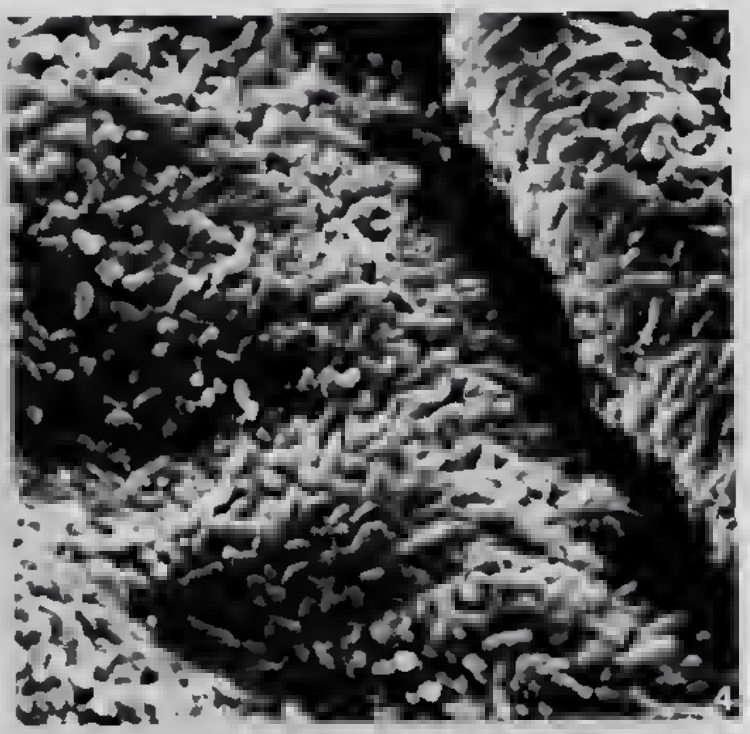
Fig. 9 : *Zonalapollenites trilobatus* (Balme) petite forme (IZ 21).
Infralias — Jurassique supérieur (?).

Fig. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9 : grandissement × *1000.*

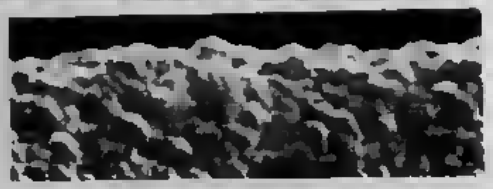
Fig. 8 : grandissement × *10000.*

Source : MNHN, Paris

3


4

1

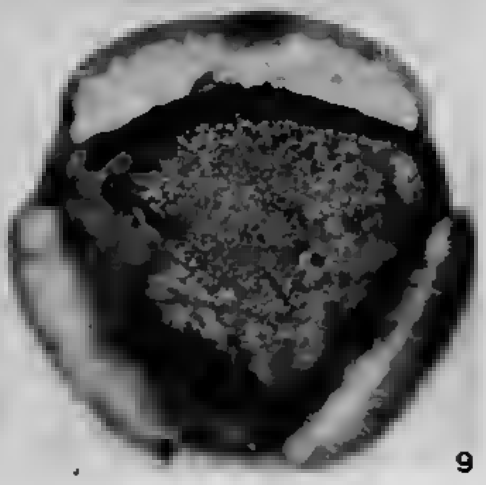


5

7

2

6


9

Source : MNHN, Paris

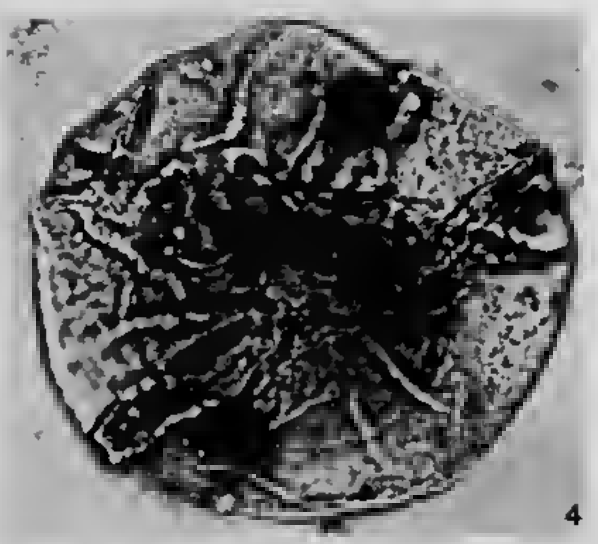
PLANCHE XXXVIII

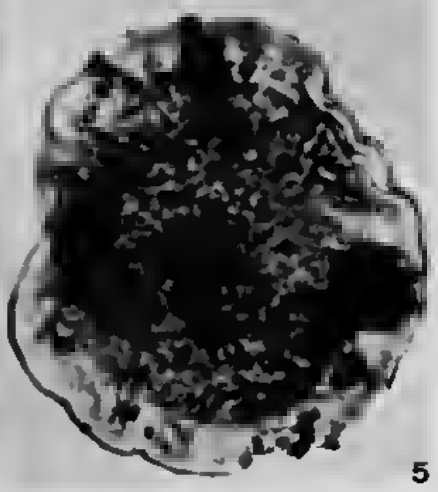
Fig. 1-3 : *Zonalapollenites triangularis* (Levet - Carette) *n. comb.* (IZ 25).
Infralias — Jurassique supérieur (?).

Fig. 4-7 : *cf. B. Zonalapollenites dampieri* Balme (IZ 2).
Lias — Kimméridgien.
4, spécimen à très grande vésicule (zona : 8-15 μ).
5, spécimen à vésicule moyenne (zona 5-7 μ).
6, 7, sculpture raboteuse à mamelons verruqueux.

Fig. 1, 2, 4, 5, 6 : grandissement × *1000.*
Fig. 3, 7 : grandissement × *10000.*

Source : MNHN, Paris





Source : MNHN, Paris

PLANCHE XXXIX

Fig. 1, 7 : *cf. C. Zonalapollenites lucidus* Pocock *n. comb.* (IZ 12).
Bajocien — (?) Kimméridgien.

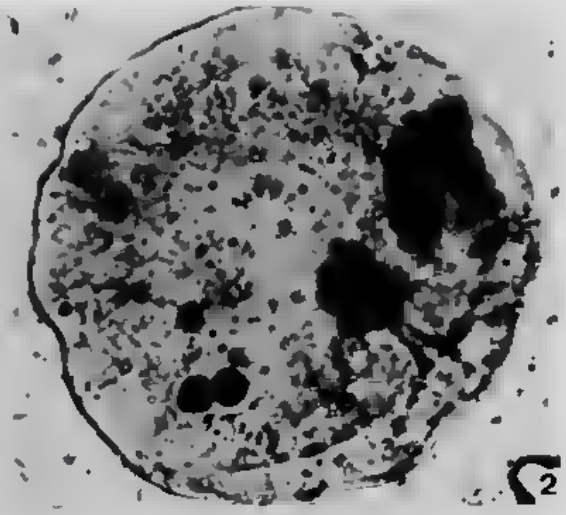
Fig. 2 : *Zonalapollenites sp. 3* (IZ 5).
Sinémurien (?) — Bathonien.

Fig. 3-6 : *cf. B. Zonalapollenites segmentatus* Balme (IZ 15).
Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.
4, 5, spécimen à sculpture raboteuse d'apparence crépie à mamelons verruqueux.
6, spécimen à sculpture hérissée d'aiguilles.

Fig. 1, 2, 3, 4, 7 : grandissement × *1000.*
Fig. 5, 6 : grandissement × *10000.*

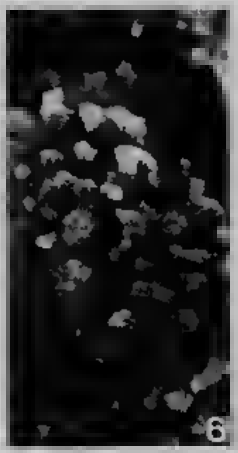
Source : MNHN, Paris

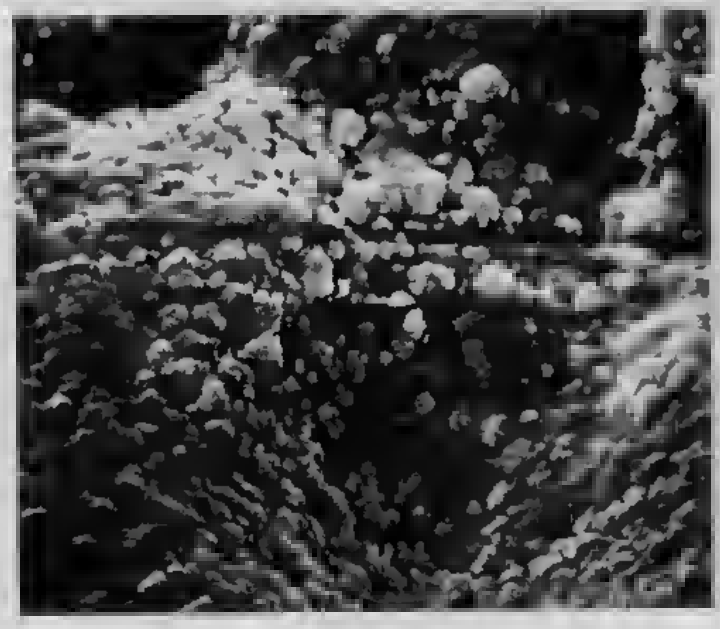
1

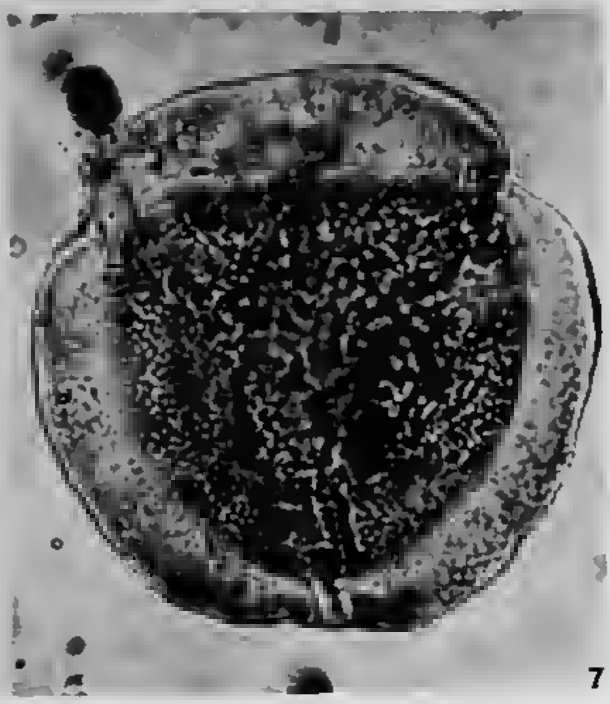

2

3

4


6




7

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XL

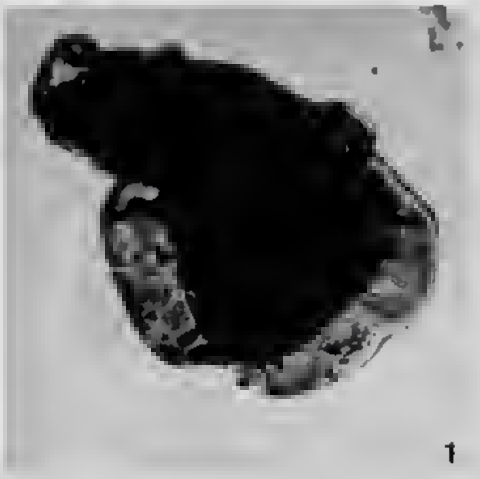
Fig. 1-3 : *Zonalapollenites trilobatus* Balme de petite taille (IZ 21).
Infralias — Jurassique supérieur (?).
2, face distale (?).
3, sculpture raboteuse à rugosités.

Fig. 4-6 : *cf. A. Zonalapollenites trilobatus* Balme de grande taille (IZ 24).
Bathonien — Kimméridgien.
4, 5, face proximale (?) suture de la vésicule sur le triangle central.
6, sculpture échinulée à épines coniques souples.

Fig. 1, 2, 4, 5 : grandissement × *1000.*

Fig. 3, 6 : grandissement × *10000.*

Source : MNHN, Paris



1

4

5

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLI

Fig. 1 : *cf. Tsugaepollenites* (IP 1).
Trias moyen.

Fig. 2 : *cf. C. Enzonalasporites vigens* Leschik (IP 2).
Trias moyen et supérieur.

Fig. 3 : *cf. B. Enzonalasporites tenuis* Leschik (IP 3).
Trias moyen et supérieur.

Fig. 5 : *Disaccites 1* (DIS 23).
Callovien — Néocomien.
5, montage photographique :
— partie gauche de la photographie ; vue latérale mise au point sur le corps central.
— partie droite de la photographie : mise au point sur le reticulum du ballonnet.

Fig. 6, 9 : *cf. C. Cedripites cretaceus* Pocock (DIS 24).
Albien.

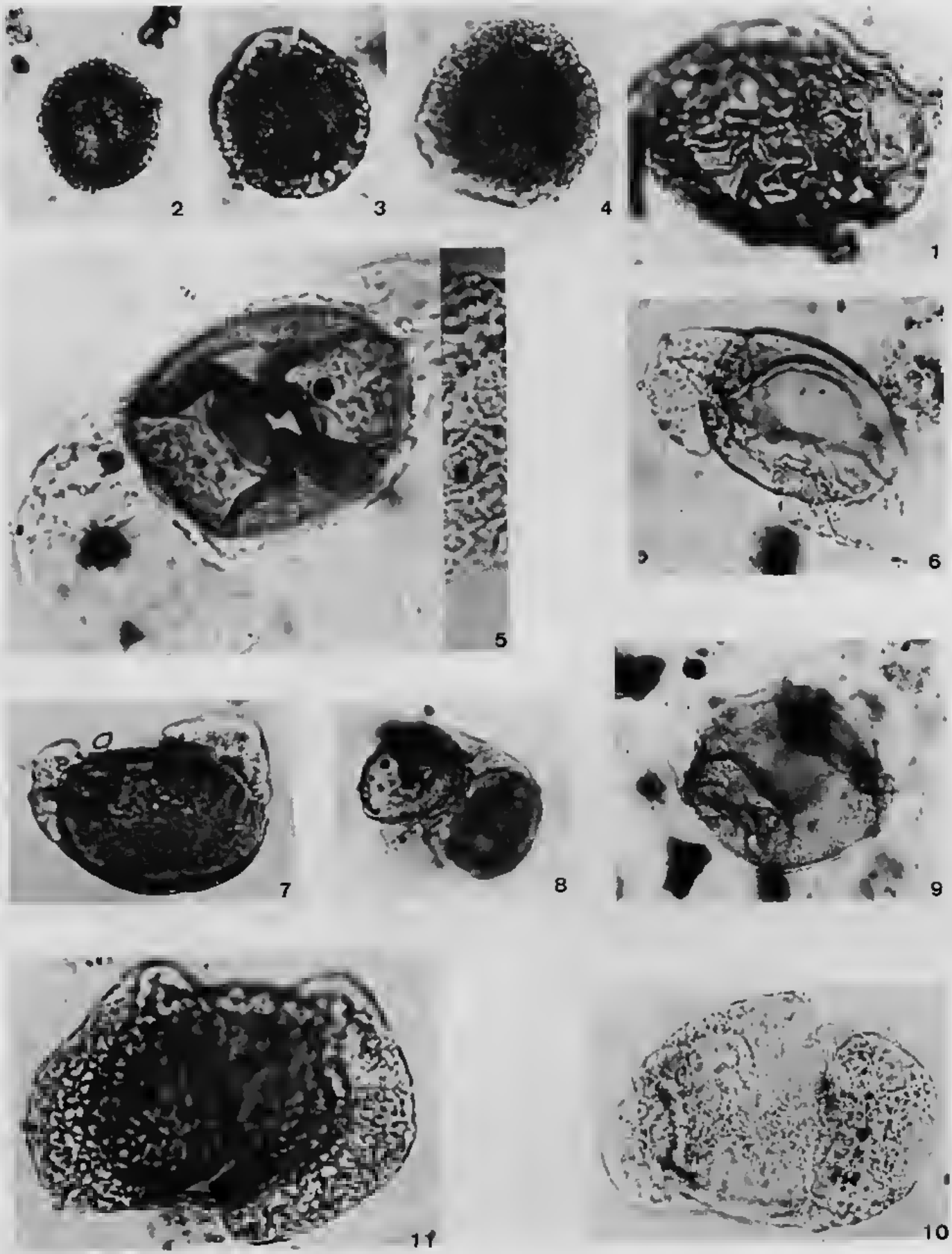
Fig. 7, 8 : *Disaccites 2* (DIS 18).
Bathonien — Néocomien.

Fig. 10 : *cf. C. Cedripites canadensis* Pocock (DIS 22).
Bathonien — Néocomien.

Fig. 11 : *cf. B. Podocarpidites elliptica* Cookson (DIS 20).
Bathonien — Kimméridgien.

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLII

Fig. 1 : *cf. B. Scopulisporites toralis* Leschik (DIS 11).
Trias moyen (?) — Lias moyen (?).

Fig. 3-4 : *Disaccites 3* (DIS 14).
Intervalle a2 — B.

Fig. 4-6 : *cf. B. pollen de Pteruchus dubius* Thomas in Townrow 1962.
Trias moyen (?) — Lias moyen (?).
4, vue latérale longitudinale.
5, vue polaire.
6, vue latérale transversale.

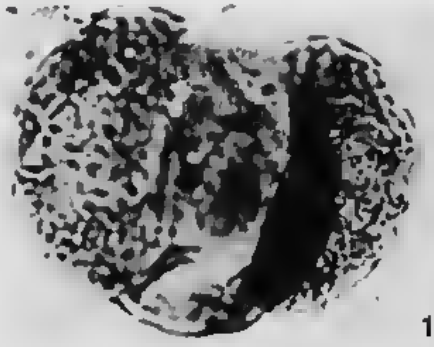
Fig. 7-8 : *cf. A. Ovalipollis breviformis* Krutzsch (DIS 30).
Trias moyen (?) — Lias inférieur (?).

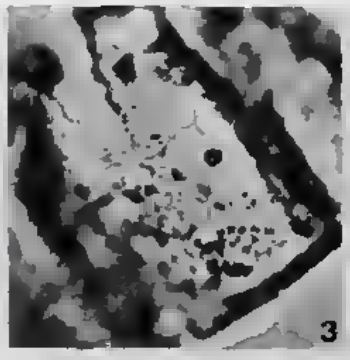
Fig. 9 : *cf. B. Ovalipollis lunzensis* Klaus (DIS 1).
Trias moyen (?).

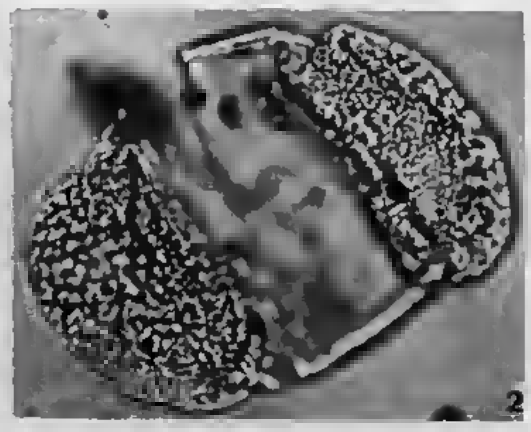
Fig. 10 : *Platysaccus sp. 1* (DIS 28).
Trias moyen (?).

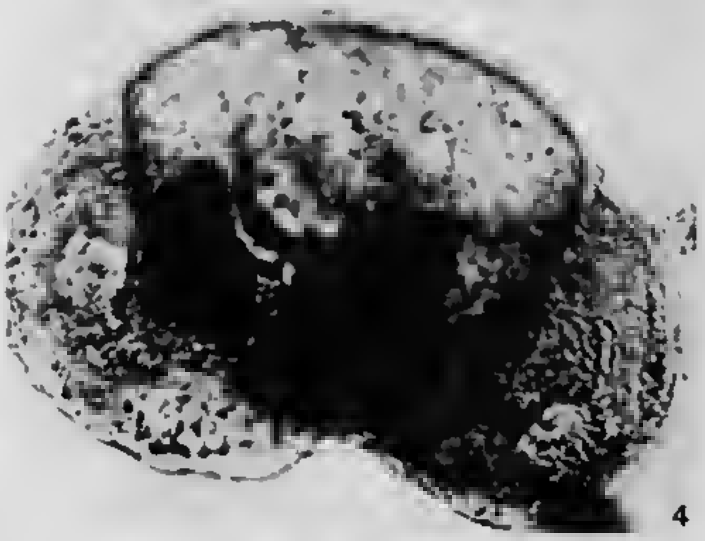
Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris

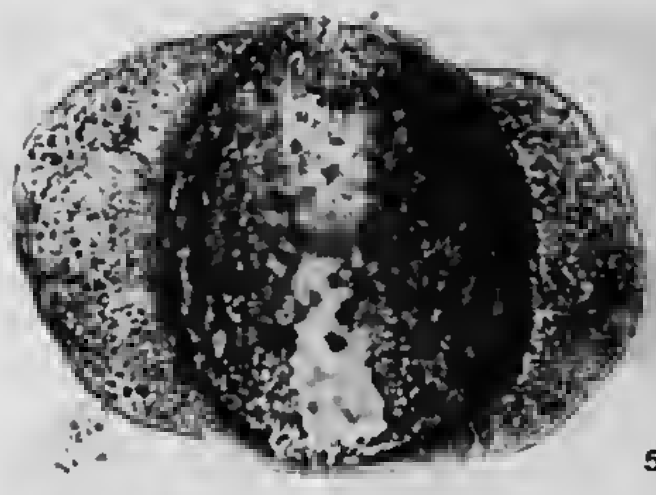

1

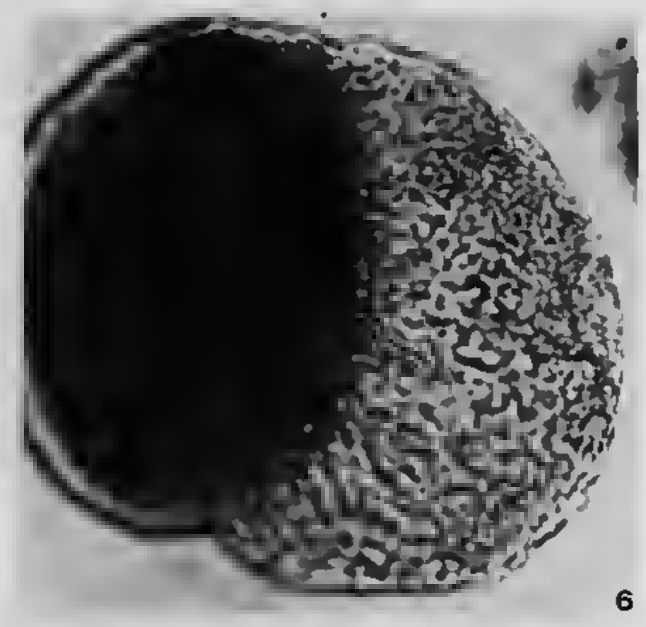

3

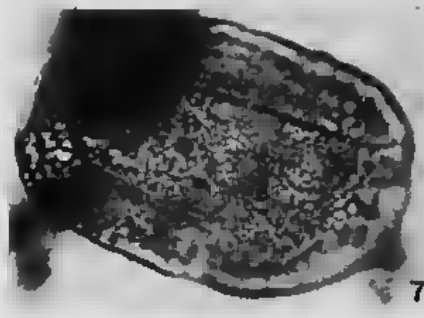

2

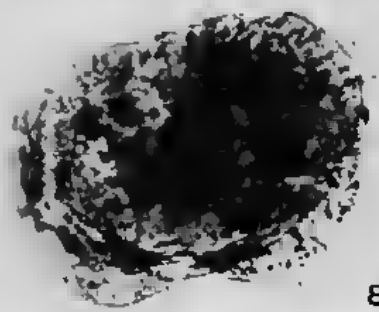

4

10


5


6


7


8

9

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLIII

Fig. 1-3 : *Disaccites 5* (DIS 9).
Trias moyen (?).

Fig. 4 : *Parcisporites sp. 1* (DIS 3).
Trias moyen (?).

Fig. 5-6 : *cf. A. Klausipollenites staplinii* Jansonius (DIS 4).
Trias moyen (?).

Fig. 7 : *cf. B. Sulcatisporites interpositus* Leschik (DIS 5).
Trias argilo-gréseux inférieur.

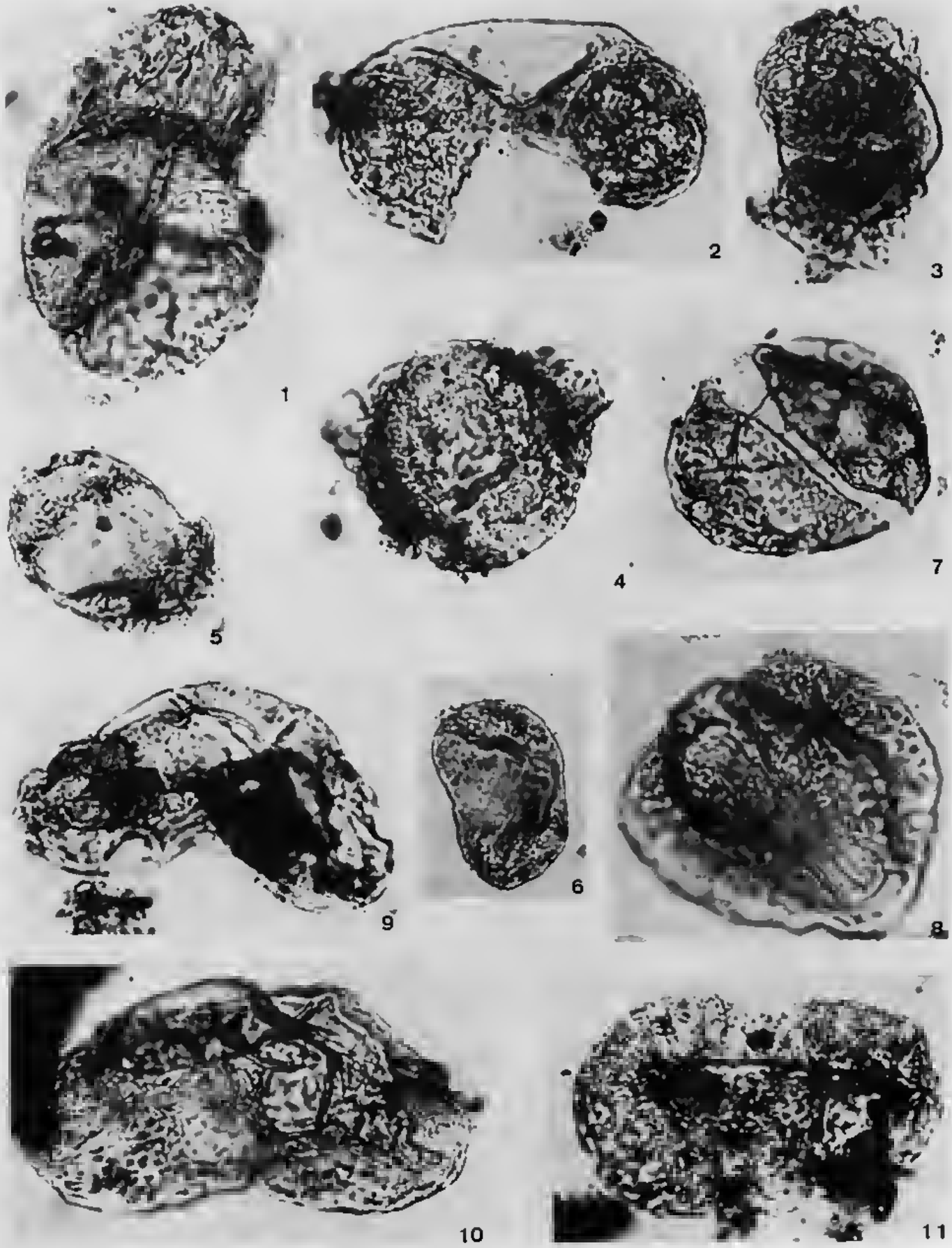
Fig. 8 : *cf. C. Alisporites australis* De Jersey (DIS 6).
Trias moyen (?).

Fig. 9-10 : *Disaccites 6* (DIS 8).
Trias moyen (?).

Fig. 11 : Pollen à une seule vésicule très enveloppante.
Trias moyen (?).

Toutes les figures : grandissement × *1000.*

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLIV

Fig. 1-5 : *Diverses espèces du genre Monosulcites* (I CL 25).
Lias — Albien.

Fig. 6-7 : *cf. C. Cycadopites carpentieri* (Delcourt et Sprumont) Singh (I CL 18).
Bathonien — Néocomien.

Fig. 8-12 : *Pollens attribuables au genre Cycadopites* (I CL 11).
Bathonien — Albien.

Fig. 13-14 : *cf. B. Liliacidites textus* Norris (I CL 34).
Barrémien — Albien.
13, mise au point sur le colpus.
14, mise au point sur le reticulum de l'exine.

Fig. 15 : *cf. A. Bennettiteaepollenites minimus* Singh (I CL 1).
Lias — Néocomien.

Fig. 16 : *cf. ? Cycadopites* (I CL 6).
Jurassique supérieur (?).

Fig. 17 : *cf. ? Ginkgorectectina* (I CL 7).
Néocomien (?).

Fig. 18 : *Bennettiteaepollenites cf.* pollen de *Androstrobus wonnacotti* Harris (I CL 33).
Bathonien — Kimméridgien.

Fig. 19-20 : *cf. A. Cycadopites dikjstrae* Jansonius (I CL 22).
Trias moyen (?).

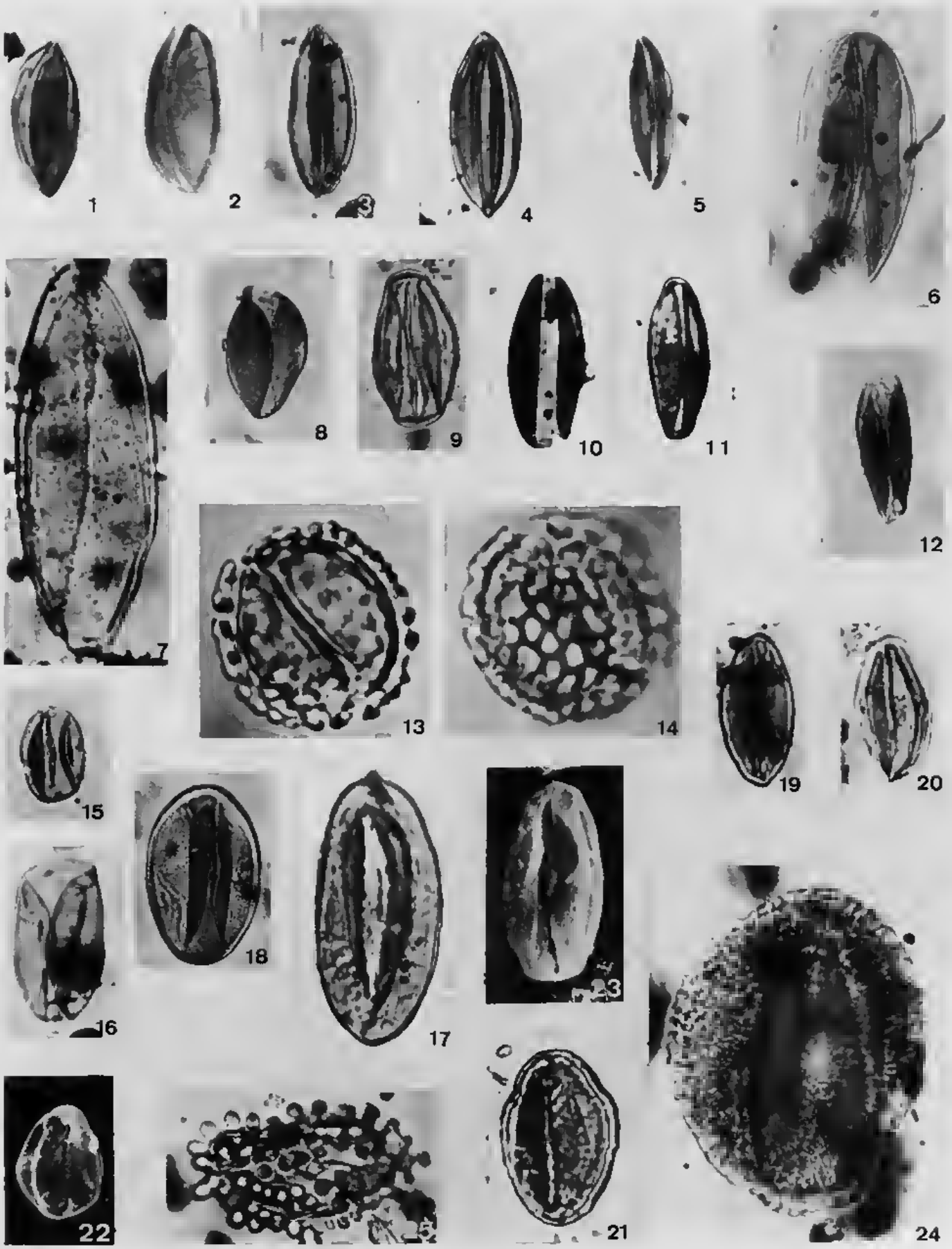
Fig. 21-23 : *Eucommiidites* (3 CL 1).
Callovien — Néocomien.

Fig. 24 : *Tricolpites sp. 1.*
Albien.

Fig. 25 : Pollen inaperturé à clavules (PSP 1).
Barrémien — Cénomanien.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLV

FIG. 1-3 : *cf. B. Ephedripites duadarensis* Deak (EPH 3).
Crétacé (?) — Sénonien.

FIG. 4 : *Ephedripites sp. 1.*
Albien.

FIG. 5-7 : *Ephedripites sp. 2* (EPH 9).
Aptien — Albien.

FIG. 8 : *Ephedripites sp. 3* (EPH 10).
Aptien — Albien.

FIG. 9 : *Ephedripites sp. 4* (EPH 1).
Jurassique supérieur — Albien.

FIG. 10-11 : *Ephedripites sp. 5* (EPH 8).
Jurassique supérieur — Barrémien.

FIG. 12-13 : *cf. B. Gnetaceaepollenites clathratus* Stover (GNT 1).
Barrémien — Albien.

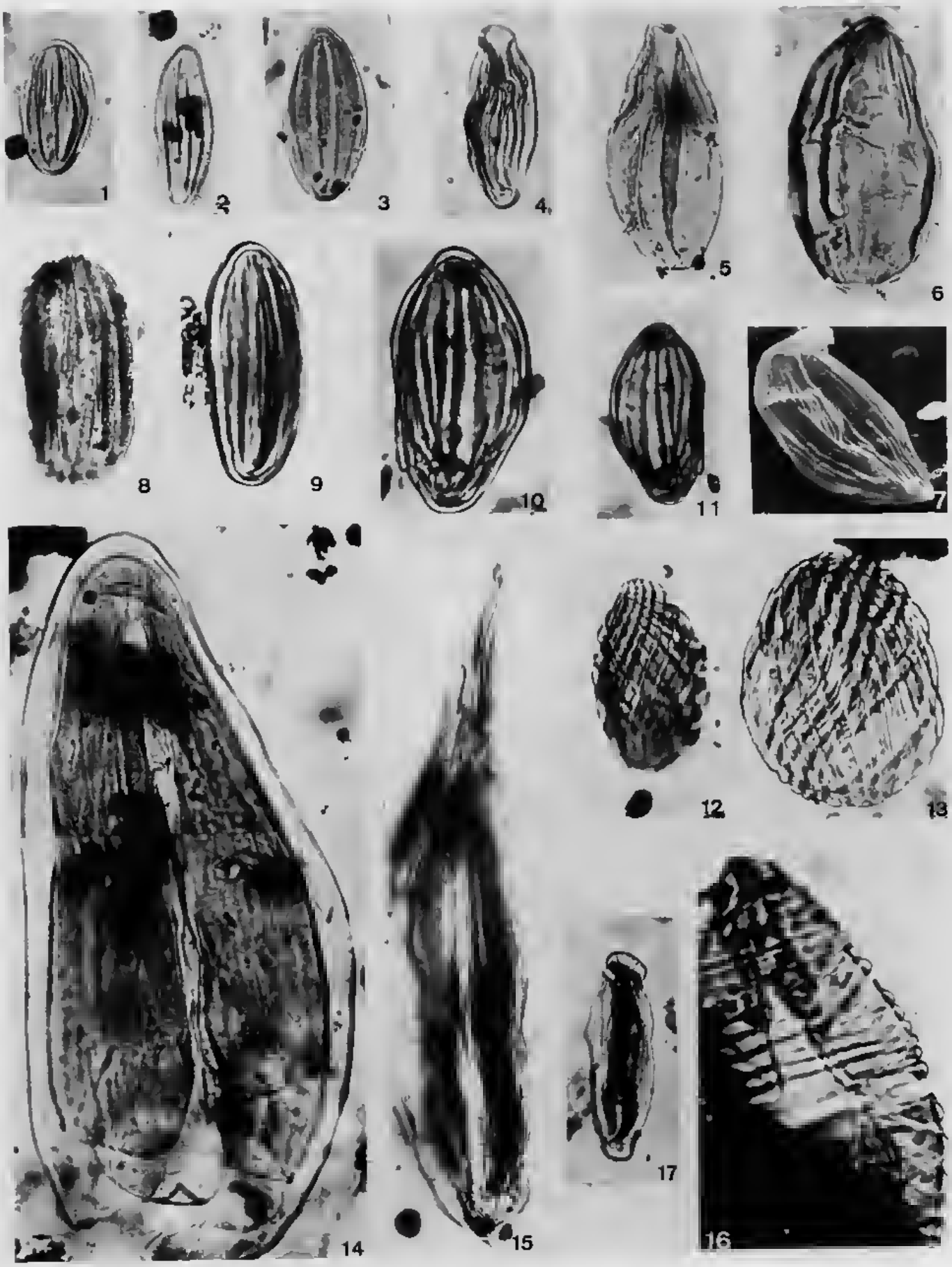
FIG. 14-15 : *Equisetosporites cf. E. albertensis* Singh (GNT 3).
Barrémien — Albien.

FIG. 16 : *cf. ? Gnetaceaepollenites.*
Aptien.

FIG. 17 : *Auriculiidites laevigatus* Reyre.
Aptien.

Toutes les figures : grandissement × 1000.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLVI

FIG. 1 : *cf. Mychrystidium setasessitante* Jansonius (PLT 6).
Niveau B

FIG. 2 : *Michrystidium sp. 1* (PLT 7).
Dogger (?) — Kimméridgien.

FIG. 3 : *cf. Michrystidium variabile* Valensi (PLT 10).
Callovo — Oxfordien (?).

FIG. 4 : *cf. Palaeoperidinium mosaicum* Downie (PLT 26).
Bathonien — Jurassique supérieur (?).

FIG. 5 : *Hystrichosphaeridae 1.*
Albien.

FIG. 6 : *cf. Spinidinium styloniferum* Cookson et Eisenack (PLT 3).
Barrémien.

FIG. 7 : *Incertae sedis 1.*
Lias — Dogger inférieur.

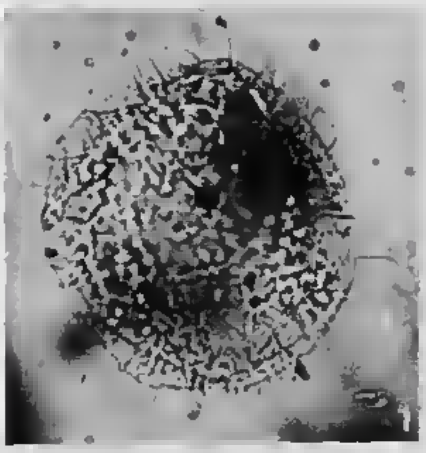
FIG. 8-10 : *Incertae sedis 2.*
Lias — Dogger inférieur.
8, apparence de pollen fin et clair.
9, 10, ornementation externe : réseau irrégulier de rugules anastomosées constituant une sorte de filet.

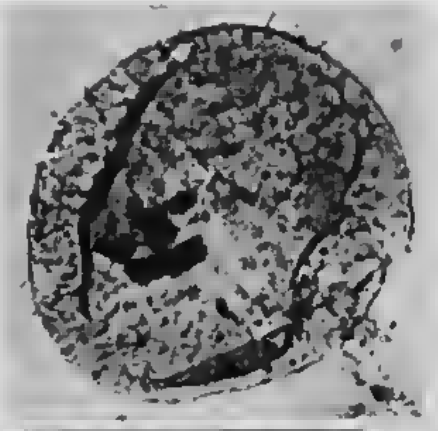
FIG. 11 : *Incertae sedis 3.*
Niveau B

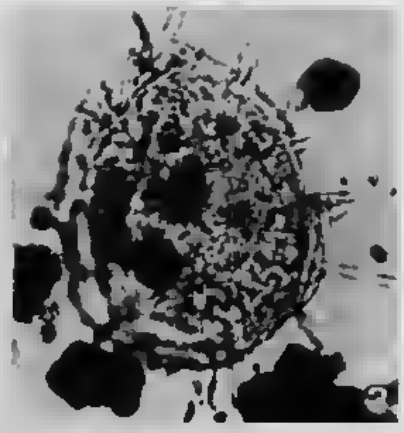
FIG. 12-13 : Microforaminifères chitineux.

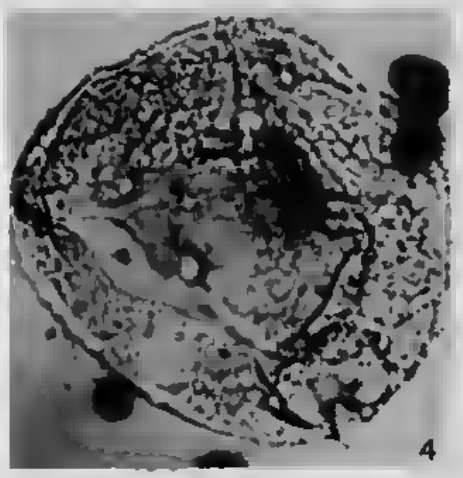
Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13 : grandissement × 1000.
Fig. 10 : grandissement × 10000.

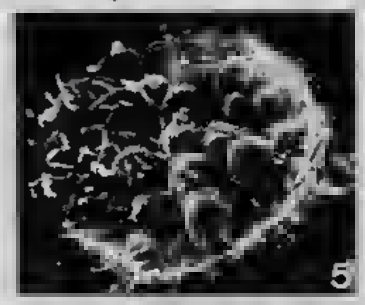
Source : MNHN, Paris

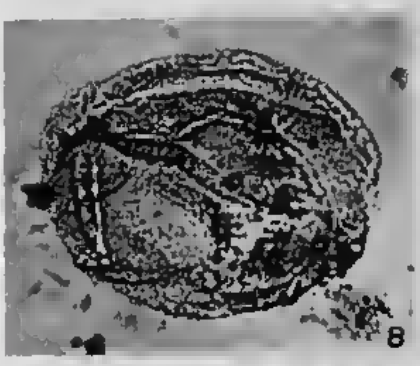


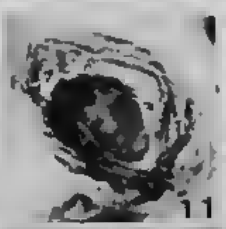


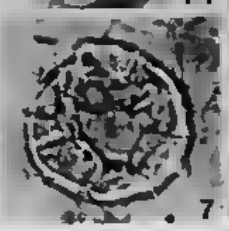












Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLVII

Fig. 1 : Dépôt gréseux et phylliteux très fin déposé sur la partie marginale du lit d'un cours d'eau temporaire lors d'une seule tornade orageuse : granuloclassement cyclique (stries claires à forte proportion de grains de quartz, stries sombres constituées de phyllites).
(Soudan, Darfour, Oued Kutum).

Fig. 2 : Tranchée dans un grès déposé dans une zone d'épandage : la surface rappelle celle de certains regs à galets et dragées avec toutefois une densité de galets très nettement plus faible. De bas en haut :
— une zone de grès grossiers à peu près granulo-classés
— une zone sans granulo-classement à sable et galets, se biseautant totalement plus loin,
— une zone sans granulo-classement à sable et galet.
(Soudan, Darfour, Musdat).

Fig. 3 : Fragment de sédiment actuel déjà consolidé.
Passage sans transition d'une couche de grès fins bien granuloclassés à une couche de graviers et galets (dont une partie provient de la formation des Grès de Nubie proche).
(Soudan, Darfour, Musbat).

Fig. 4 : Falaise de la formation des Grès de Nubie.
Des passées graveleuses, grossières, surmontent une passée (sous le marteau) où alternent d'une manière anarchique des zones de grès fin bien granuloclassé et des zones de sables et graviers sans granuloclassement. La passée barrée par le marteau se biseaute sur 1,50 m (Soudan, Darfour, Jebel Massimbo, Kutum 1/250.000e).

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

PLANCHE XLVIII

Fig. 1 : Résidu palynologique de l'échantillon PG I, 2062 m (cutting : 3/3 de calcaire) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien. Microforaminifère chitineux et matière organique amorphe claire, jaunâtre (codification : JJ), rares points noirs indéterminés (I).

Environnement : marin pélagique avec vie planctonique intense.

Fig. 2 : Résidu palynologique de l'échantillon ZB 1, 1879 m (cutting : 2/3 de calcaire, 1/3 d'argile brune) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Matière organique amorphe brune (codification NJ), microspicules d'éponge en opale (S), pelites de quartz (Q), points noirs indéterminés (I).

Environnement : marin à vie benthique et apport terrigène modeste.

Fig. 3 : Résidu palynologique de l'échantillon AB 1, 1 313 m (cutting : 3/4 d'argile grise, 1/4 de grès) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Matière organique amorphe claire, débris végétaux clairs et débris végétaux noirs opaques (codification B JN), pélites de quartz.

Environnement : laguno-intermédiaire.

Fig. 4 : Résidu palynologique de l'échantillon DF 1, 2 060 m (cutting : 2/3 de grès, 1/3 d'argile) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Pelites de quartz, débris végétaux carbonisés (codification B NN).

Environnement : continental « sub-aérien » à climat chaud et sec.

Fig. 5 : Résidu palynologique de l'échantillon Ar 101, 1 760 m (cutting : 2/3 d'argile, 1/3 de grès) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

Pelite de quartz, matière organique claire, débris végétaux noirs, microspicule d'éponge.

Environnement : laguno-intermédiaire à tendance marine.

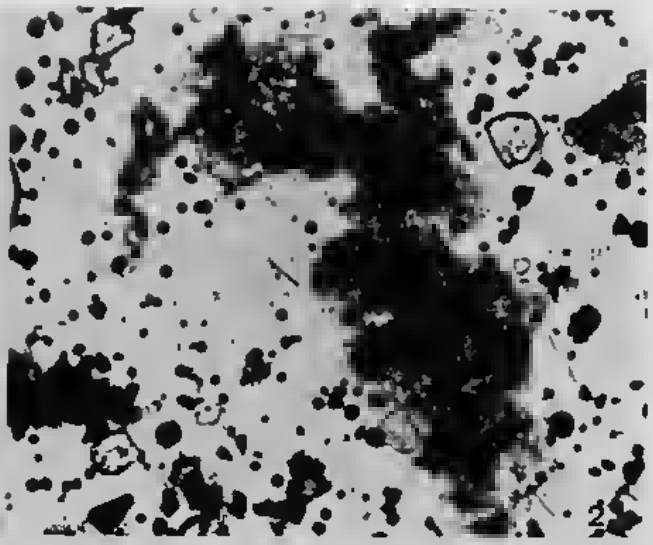
Fig. 6 : Résidu palynologique de l'échantillon Sb. 1, 1 140 m (cutting : 1/2 de dolomie, 1/2 d'argile brune, anhydrite) : Callovo-Oxfordien-Kimméridgien.

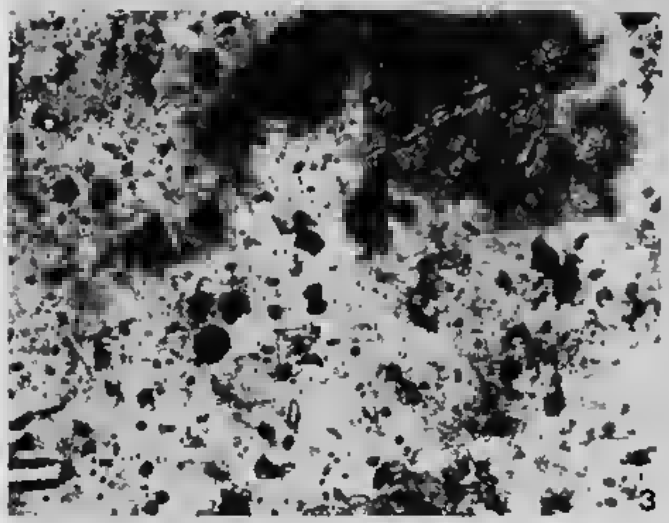
Microforaminifère chitineux, microspicule d'éponge, spore, pollens, débris végétaux bruns, débris végétaux noirs opaques, cuticules, matière organique claire.

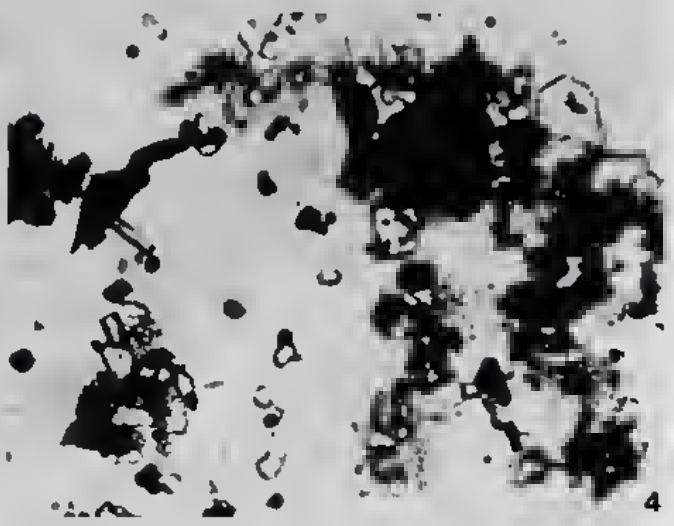
Environnement : marin à caractère deltaïque.

Source : MNHN, Paris

1


2


3


4

5

6

Source : MNHN, Paris

IMPRIMERIE NATIONALE

2 564 039 6

Source : MNHN, Paris

Source : MNHN, Paris

ÉDITIONS DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

En vente à la Bibliothèque centrale du Muséum,
38, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, Paris (5e)
C.C.P. : Paris 9062-62

Annuaire du Muséum national d'Histoire naturelle (paraît depuis 1939).

Archives du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1802. In-4°, sans périodicité).

Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1895 ; 6 numéros par an).

Grands naturalistes français (depuis 1952. Sans périodicité).

Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1936. Depuis 1950, nouvelle série en 3 (puis 4) parties : A. Zoologie ; B. Botanique ; C. Sciences de la terre ; D. Sciences physico-chimiques. Sans périodicité).

Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient (depuis 1933. In-4°, sans périodicité).

Publications du Muséum national d'Histoire naturelle (depuis 1933. Sans périodicité).

PUBLICATIONS DES LABORATOIRES DU MUSÉUM

En vente à l'adresse de chaque laboratoire

Bulletin du Laboratoire maritime de Dinard (Ille-et-Vilaine). Depuis 1928.

Objets et Mondes. La revue du Musée de l'Homme. Directeur : M. J. Millot, Palais de Chaillot, Paris (16e) ; depuis 1961 ; trimestriel.

Mammalia. Morphologie, Biologie, Systématique des Mammifères. Directeur : M. J. Dorst, Laboratoire de Zoologie des Mammifères, 55, rue Buffon, Paris (5e) ; depuis 1936 ; trimestriel.

Index Seminum Horti parisiensis. Service des Cultures, 61, rue Buffon, Paris (5e) ; depuis 1882 ; échange.

Journal d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, suite de *Revue internationale de Botanique appliquée et d'Agriculture coloniale*, depuis 1954. Laboratoire d'ethnobotanique, 57, rue Cuvier, Paris (5e).

Adansonia (suite aux *Notulae Systematicae*). Directeur : M. A. Aubréville, Laboratoire de Phanérogamie, 16, rue Buffon, Paris (5e) ; sans périodicité.

Revue Algologique. Directeur : M. R. Lami, Laboratoire de Cryptogamie, 12, rue Buffon, Paris (5e) ; depuis 1924.

Revue Bryologique et Lichénologique. Directeur : Mme V. Allorge, Laboratoire de Cryptogamie ; depuis 1874.

Revue de Mycologie. Directeur : M. Roger Heim, Laboratoire de Cryptogamie ; depuis 1928.

Cahiers de La Maboké. Directeur : M. Roger Heim, Laboratoire de Cryptogamie, 12, rue Buffon, Paris (5e) ; depuis 1963.

Pollen et Spores. Directeur : Mme Van Campo, Laboratoire de Palynologie, 61, rue Buffon, Paris (5e) ; depuis 1959 ; semestriel.

Source : MNHN, Paris